



HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUS-METSÄTIEEELLINEN TIEDEKUNTA

Lokkiyhdyskuntien vaikutus sorsalintujen pesimäsaaren valintaan Helsingin edustan merialueella

Leena Hintsanen

Pro gradu -tutkielma
Helsingin yliopisto
Metsätieteiden maisteriohjelma
Riistaeläintiede
Maaliskuu 2019



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution– Department Metsätieteiden osasto
Tekijä/Författare – Author Hintsanen, Leena		
Työn nimi / Arbetets titel – Title Lokkiyhdykskuntien vaikutus sorsalintujen pesintään Helsingin edustan merialueella		
Oppiaine / Läroämne – Subject Metsien ekologia ja käyttö		
Työn laji/Arbetets art – Level Pro gradu	Aika/Datum – Month and year Maaliskuu 2019	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 54
Tiivistelmä/Referat – Abstract <p>Pienet ja keskikokoiset lokkilinnut pesivät tyypillisesti yhdyskunnissa, jolloin ne pystyvät havaitsemaan saalistajan nopeasti ja puolustamaan pesiään yksin pesiviä lintuja tehokkaammin. Aggressiivisesta petojen häirinnästä hyötyvät myös muut lajit. Aikaisemmat tutkimukset osoittavat, että sukeltajasorsista erityisesti sotkat (<i>Aythya sp.</i>) ja haahka (<i>Somateria mollissima</i>) hyötyvät lokkiyhdykskunnista. Yksittäin pesivät sotkat joutuvat herkemmin pesäpredaation kohteeksi kuin lokkiyhdykskunnissa pesivät yksilöt. Ymmärtämällä lajien väliset vuorovaikutussuhteet, voidaan suojelutoimet kohdentaa oikein. Tämä on tärkeää, sillä monien sorsalajien kannankehitys on ollut taantuva 1990-luvulta lähtien.</p> <p>Aikaisemmat lokkien ja sorsien vuorovaikutussuhteita käsittelevät tutkimukset ovat keskittyneet yksittäisiin lajeihin ja ne perustuvat pääosin lyhytaikaisseurantoihin. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää lokkiyhdykskuntien vaikutus sorsalintujen (Anatidae) pesimäsaaren valintaan sekä heimo- että lajitasolla hyödyntäen 19 vuoden seuranta-aineistoa. Lisäksi pyritään selvittämään sorsalintujen pesintään vaikuttavia muita tekijöitä, jotka valikoituivat aikaisempien tutkimusten ja saatavilla olevan tiedon perusteella. Pienten lokkilintujen parimäärän lisäksi sorsalintujen pesintää selitetään isojen lokkien parimäärällä, petolinnun eli variksen (<i>Corvus corone corvix</i>) läsnäololla, saaren pinta-alalla sekä lähimmän maa-alueen etäisyydellä.</p> <p>Tutkimuksessa hyödynnettiin Helsingin saaristossa tehtyjä lintulaskentoja vuosien 1995–2013 aikana. Aineiston 149 saaresta, luodosta tai karista tutkimuksessa käytettiin 118 saaren lintulaskentoja. Kaikki lokkilajit otettiin tutkimuksessa huomioon. Sorsalinnuista mukana olivat kyhmyjoutsen (<i>Cygnus olor</i>), kanadan- (<i>Branta canadensis</i>) ja valkoposkianhi (<i>B. leucopsis</i>), puolisuikeltajasorsista haapana (<i>Mareca penelope</i>), sinisorsa (<i>Anas platyrhynchos</i>) ja lapasorsa (<i>Spatula clypeata</i>) ja kokosukeltajista tukkasotka (<i>Aythya fuligula</i>), haahka, telkkä (<i>Bucephala clangula</i>) sekä tukka- (<i>Mergus serrator</i>) ja isokoskelo (<i>M. merganser</i>).</p> <p>Tulokset osoittavat heimo- sekä lajitasolla, että lokkiyhdykskunnilla on positiivinen vaikutus sorsalintujen pesimäsaaren valintaan. Isokokoisella kyhmyjoutsenella sekä koloissa tai pöntöissä pesivillä telkällä ja isokoskelolla pienten lokkilintujen parimäärä jäi tilastollisen mallin ulkopuolelle. Mallinnus osoitti, että pesivien sorsalintujen parimäärää selittävät parhaiten pienten lokkilintujen ja isojen lokkien parimäärä, varis ja saaren pinta-ala. Samat tekijät selittivät myös tutkimusalueella runsaina esiintyvien valkoposkianhen ja haahkan pesintää. Muiden lajien parhaimmissa selittävässä malleissa oli enemmän hajontaa. Mallien valintaan liittyi pientä epävarmuutta, koska sopivimpien mallien Akaike-arvojen erot olivat pieniä.</p> <p>Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että lokkiyhdykskunnat vaikuttavat positiivisesti sorsalintujen pesimäsaaren valintaan. Tulokset tukevat aiempaa käsitystä sorsalintujen hakeutumisesta lokkiyhdykskuntiin. Tuloksia voidaan soveltaa sorsalintujen kannanhoidossa sekä suojelubiologiassa.</p>		
Avainsanat – Nyckelord – Key words Lokkiyhdykskunta, sorsalinnut, mallinnus, saaristolinnut		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet) ethesis.helsinki.fi		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Ohjaajat: yliopistonlehtori Veli-Matti Väänänen ja tutkijatohtori Sari Holopainen		



Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos/Institution– Department Department of Forest Sciences	
Tekijä/Författare – Author Hintsanen, Leena			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Influence of gull colonies on nesting waterfowl in the archipelago of Helsinki			
Oppiaine / Läroämne – Subject Forest Ecology and Management			
Työn laji/Arbetets art – Level Master's thesis		Aika/Datum – Month and year March 2019	
		Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 54	
Tiivistelmä/Referat – Abstract			
<p>Small and medium-size gulls typically breed in colonies, which helps them to defend their breeding area more effectively than separately nesting gulls. Other bird species nest in association with aggressive colonial gulls to reduce nest predation. According to previous studies, especially <i>Aythya</i> duck species and Common Eider (<i>Somateria mollissima</i>) benefit from gull colonies. Separately nesting <i>Aythya</i> ducks are more exposed to nest predation than individuals nesting with gulls. By understanding the relationship between gulls and waterfowls, conservation measures can be targeted more effectively. It is important since population trends of many waterfowl species have been declining since the 1990s.</p> <p>Previous studies on the interactions between gulls and ducks have been focusing on a single species and are mainly based on short-term monitoring data. The aim of this study is to demonstrate the impact of gull colonies on the choice of nesting sites of ducks, geese and swans (Anatidae) in islands at both family and species level using a 19 year long bird survey data. In addition, other possible factors affecting the breeding site selection of the waterfowl are identified. Those studied factors were chosen based on previous studies and on available information. The explanatory variables are the number of breeding small and big gulls, the presence of predator bird, crow (<i>Corvus corone corvix</i>), the area of the island and the distance to the nearest island or the mainland. Model selection was made with Akaike's Information Criterion.</p> <p>The study data included bird surveys made in the archipelago of Helsinki during 1995–2013. Of the 149 monitored islands, islets or quarries in the study, 118 island bird calculations were used. All gull species were considered in the study. The waterfowl birds included mute swan (<i>Cygnus olor</i>), Canada goose (<i>Branta canadensis</i>), Barnacle goose (<i>B. leucopsis</i>), Eurasian Wigeon (<i>Mareca penelope</i>), Mallard (<i>Anas platyrhynchos</i>), Northern Shoveler (<i>Spatula clypeata</i>) ja Tufted Duck (<i>Aythya fuligula</i>), Common Eider, Common Goldeneye (<i>Bucephala clangula</i>), Red-breasted Merganser (<i>Mergus serrator</i>) and Common Merganser (<i>M. merganser</i>).</p> <p>The results indicate that at both family and species level the gull colonies have a positive effect on the selection of the breeding site of the waterfowl. Ecological models used in the study showed that the best predictors to explain nesting site selection were the number of small and big gulls, the presence of the crow and the area of the island. A similar model explained also the breeding of the Barnacle Goose and Common Eider. The best models for other species had more dispersion. With a large-sized mute swan the number of small colonial gulls were left out from the statistical model. Same was made with Common Goldeneye and Common Merganser because they nests exclusively in nest boxes or tree cavities. There was little uncertainty in the choice of models because the difference between Akaike – values were low.</p> <p>This study shows that the gull colonies have a positive influence on the selection of breeding site of the waterfowl. The results support the earlier observations of the aggregation of waterfowl breeding on the vicinity of gull colonies. The results can be applied to the management of waterfowl birds and in conservation biology.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keyw ords Gull colony, waterfowl, ecological modeling, seabirds			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Helsinki University Library – Helda / E-thesis (Theses) ethesis.helsinki.fi/en			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information Supervisors: University lecturer Veli-Matti Väänänen ja Postdoctoral researcher Sari Holopainen			

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta	6
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	7
2	TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN VIITEKEHYS	9
2.1	Lokit osana linnustoamme	9
2.1.1	<i>Yhdyskunta pesimästrategiana</i>	9
2.1.2	<i>Sorsalinnut lokkiyhdyskunnassa</i>	10
2.1.3	<i>Isot lokit ja sorsalinnut</i>	13
2.2	Sorsalintujen pesiin kohdistuva saalistus	15
2.2.1	<i>Maapedot sorsalintujen pesärosvona</i>	15
2.2.2	<i>Petolintujen vaikutus sorsalintujen pesintään</i>	16
2.3	Saaristo lintujen elinympäristönä	18
2.3.1	<i>Saaristolintukantojen tila</i>	18
2.4.1	<i>Saaren sijainnin vaikutus linnustoon ja pesintään</i>	19
2.4.2	<i>Bioottisten tekijöiden vaikutus linnustoon</i>	21
3	AINEISTO JA MENETELMÄT.....	22
3.1	Tutkimusalue ja aineiston hankinta	22
3.2	Saarien lintulaskennat.....	23
3.3	Aineiston käsittely ja tilastanalyysit	24
3.3.1	<i>Saaret ja pesivät linnut</i>	24
3.3.2	<i>Tilastollinen analyysi</i>	26
4	TULOKSET.....	28
4.1	Mallien yleistarkastelu	28
4.2	Sorsalintujen pesintää selittävät tekijät.....	30

5 TULOSTEN TARKASTELU.....	33
5.1 Lokkien vaikutus sorsalintujen pesintään	33
5.1.1 Sorsalintujen pesintä yhdyskunnissa.....	33
5.1.2 Yhdyskuntien positiivisen vaikutuksen syyt.....	36
5.2 Variksen vaikutus sorsalintujen habitaatin valintaan	37
5.2 Etäisyyden ja pinta-alan vaikutus	38
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	39
KIITOKSET	41
LÄHTEET.....	42
LIITTEET	52

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Useat tutkimukset osoittavat lokkiyhdyskunnilla olevan myönteistä vaikutusta alueen muuhun linnustoon (mm. Hildén 1964, Leito ym. 2016, Pöysä ym. 2019). Pienet ja keskikokoiset lokkilinnut (*Laridae*) saattavat muodostaa suuria yhdyskuntia, jolloin ne pystyvät havaitsemaan saalistajan nopeasti ja puolustamaan pesiään tehokkaasti (Götmark 1984a). Aggressiivisesti pesiään puolustavista yhdyskunnissa pesivistä linnuista hyötyvät myös monet muut lajit. Esimerkiksi yksittäin pesivät sotkat (*Aythya sp.*) joutuvat herkemmin pesäpredaation kohteeksi kuin lokkiyhdyskuntien puolustusalueen sisällä pesivät linnut (Väänänen 2000). Lokkien määrällä tiedetään olevan positiivinen yhteys myös haahkojen (*Somatemaria mollissima*) pesintään (Kurvinen ym. 2016).

Parhaiten lokkilintujen vaikutus muuhun vesilinnustoon tunnetaan edellä mainituilla lajeilla. Niiden on havaittu sopeutuvan pesimään lokkiyhdyskunnissa. Ymmärtämällä lajien välisiä suhteita voidaan tarkentaa lajien uhanalaisuusarvioita ja lajeihin kohdistuvia uhkakuvia. Vuoden 2015 Suomen lintujen uhanalaisuusarviossa puna- (*Aythya ferina*) ja tukkasotkan (*A. fuligula*) uhanalaisuutta aiheuttavaksi tekijäksi mainitaan muutokset lajien välisissä suhteissa (Tiainen ym. 2016). Niiden pesintä onnistuu parhaiten naurulokkiyhdyskunnissa (*Chroicocephalus ridibundus*), joiden pieneminen ja häviäminen katsotaan uhkaksi sotkille myös tulevaisuudessa (mm. Tiainen ym. 2016, Väänänen ym. 2016, Pöysä ym. 2019). Väänänen ym. (2016) esittävät, että yhdyskunnittain pesivien pienten lokkilintujen ympäristövaatimukset tulisi erityisesti huomioida lintuvesiä kunnostettaessa. Siten pystyttäisiin turvaamaan useamman uhanalaisen vesilintulajin elinympäristö. Myös Soulé ym. (2005) ovat nostaneet lajien väliset suhteet tärkeäksi osaksi suojelubiologiaa.

Boreaalinen vyöhyke on tärkeä pesimisympäristö monelle vesilintulajille, ja siksi Suomessa suojelutoimiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota (Lehikoinen ym. 2015). Suomen järvien ja kosteikoiden lisäksi saaristomme tarjoaa tärkeän elinympäristön vesilinnuillemme. Vuonna 2019 julkaistussa Suomen lajien uhanalaisuusarviossa vesilintujen uhanalaisuuden esitetään olevan seurausta pesimäympäristöjen laadun

heikentymisestä (Lehikoinen ym. 2019). Tämä näkyy muun muassa rannikon luontotyyppien uhanalaistumisena (Reinikainen ym. 2018). Muita Suomen vesilinnuilla uhanalaisuutta aiheuttavia tekijöitä ovat liikapyynti, ympäristömuutokset talvehtimisalueilla sekä häirintä (mm. Pöysä ym. 2013, Fox ym. 2015, Lehikoinen ym. 2017, Lehikoinen ym. 2019).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Lajien välisiä vuorovaikutussuhteita on tutkittu paljon, mutta tutkimukset ovat keskittyneet negatiivisiin vuorovaikutuksiin, kuten kilpailuun ja saalistukseen (Bruno ym. 2003). Kahden lajiryhmän välinen pesintäkäyttäytyminen tunnetaan varsin hyvin lokki- ja sorsalinnuilla (Quinn ja Ueta 2008). Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten loki- ja sorsalintujen ympäristönkäyttöön saaristossa. Tähän vuorovaikutussuhteeseen on vasta aloitettu kiinnittämään huomiota. Tuore pitkiin aikasarjoihin perustuva tutkimus loki- ja sorsalintujen yhteiselosta rehevillä järvilla osoittaa pienillä loki- ja sorsalinnuilla olevan positiivinen vaikutus useiden uhanalaisten sorsien populaatiodynamiikkaan (Pöysä ym. 2019). Merialueilta vastaavaa analyysia ei ole tehty pitkistä aikasarjoista.

Quinnin ja Uetan (2008) esittävät meta-analyysinsä perusteella, että lokkiyhdyskunnan ja sorsalajien välistä suhdetta voidaan kutsua kommensalismiksi. Kommensalismilla tarkoitetaan vuorovaikutussuhdetta, jossa toinen laji hyötyy toisesta lajista aiheuttamatta tälle haittaa (Campbell ym. 2008). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan lokkiyhdyskunnan vaikutusta sorsalintuihin sekä laji- että heimotasolla. Tutkimuksessa otetaan huomioon myös muita sorsalintujen pesimisympäristön valintaan mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä. Nämä tekijät valitaan aikaisempien tutkimusten ja kirjallisuuden perusteella sekä saatavuuden mukaan.

Lounaissaariston haahkakannoista tehdyn tutkimuksen mukaan pesimisaaren valintaan vaikuttavat muun muassa loki- ja sorsalintujen läsnäolo, saaren koko, etäisyys lähimpään saareen ja petolinnun läsnäolo (Kurvinen ym. 2016). Nämä tekijät otetaan huomioon myös tässä tutkimuksessa. Lokkilintujen vaikutusta tarkastellaan haahkatutkimuksen tavoin, jossa lokkilinnut ryhmitellään isoihin ja pieniin lokkilintuihin. Pienet lokkilinnut eli naurulokki sekä tiirat (*Sterninae*) muodostavat tyypillisesti suojaa tarjoavia yhdyskuntia. Isommat

meri- (*Larus marinus*) ja harmaalokki (*L. argentatus*) eivät tarvitse yhdyskunnan tarjoamaa suojaa ja voivat pesiä yksittäin. Aikaisempien tutkimusten mukaan isojen lokkilintujen läsnäolo vaikuttaa positiivisesti muuhun pesivään lajistoon (mm. Götmark ja Åhlund 1986, Götmark 1989). Lokkilinnut tarjoavat suojaa pedoilta ja tässä tutkimuksessa pedon vaikutusta sorsalintujen pesimisympäristön valintaan tarkastellaan variksen (*Corvus corone corvix*) avulla.

Lokkilintujen ja variksen lisäksi tutkimuksessa otetaan huomioon etäisyys lähimpään saareen tai mantereeseen sekä saaren pinta-ala. Pesimisympäristön sijaintia olisi voitu tarkastella vaihtoehtoisesti sisä- tai ulkosaariston perusteella, mutta Helsingin kaupungin epäselvien aluerajausten takia tekijä jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Myös saaren käyttöasteella voisi olla vaikutusta pesivään lajistoon, mutta Yrjölän ym. (2017) valkoposkihanhitutkimuksessa (*Branta leucopsis*), jossa käytettiin samaa aineistoa kuin tässä tutkimuksessa, ei saaren suojelustatuksella havaittu olevan vaikutusta pesivien hanhien lukumäärään. Tästä johtuen tätä tekijää ei oteta tässä tutkimuksessa huomioon.

Tutkimukseen otettavien tekijöiden ja kirjallisuuden pohjalta voidaan muodostaa seuraavat tutkimuskysymykset ja -hypoteesit.

1. Suosivatko sorsalinnut pesimisympäristöjä (saaria ja luotoja), joissa pesii myös pienten lokkilintujen muodostama yhdyskunta? Onko lokkiyhdyskuntien vaikutus pesimisympäristön valintaan kaikilla tutkituilla sorsalajeilla samanlainen?

H₀: Sorsalinnut suosivat lokkiyhdyskuntien asuttamia elinympäristöjä. Lokkiyhdyskunnat tarjoavat suojaa maassa pesiville sorsalintulajeille, mutta ei isolle kyhmyjoutsenelle (*Cygnus olor*) eikä koloissa pesiville sorsalinnuille.

2. Liittyykö isojen lокkien läsnäolo sorsalintujen pesimisympäristön valintaan?

H₀: Isojen lокkien parimäärä vaikuttaa pienten lокkien tapaan positiivisesti sorsalintujen pesimisympäristön valintaan, koska myös isot lokit puolustavat pesiään tehokkaasti.

3. Vaikuttaako pesivä varis samalla saarella pesivien sorsalintujen lukumäärään?

H₀: Sorsalinnut pesivät ensisijaisesti saarilla, joilla petolintu ei pesi. Varis pystyy rosvoamaan munintavaiheessa olevien sorsalintujen pesiä.

4. Kasvaako pesivien sorsalintujen määrä saaren pinta-alan kasvaessa?

H₀: Pinta-alan kasvaessa myös sorsalintujen populaatiokoko kasvaa, koska samalla suotuisien pesäpaikkojen määrä kasvaa.

5. Vaikuttaako saaren etäisyys lähimmästä maa-alasta sorsien pesimissaaren valintaan?

H₀: Sorsalinnut valitsevat ensisijaisesti yksittäisiä, eristäytyneitä saaria pesintäalueiksi. Lähekkäin ja lähellä manteretta sijaitsevat saaret lisäävät pesäpredaation riskiä.

2 TUTKIMUKSEN TEOREETTINEN VIITEKEHYS

2.1 Lokit osana linnustoamme

2.1.1 Yhdyskunta pesimästrategiana

Evoluutio on muokannut lajeille erilaisia pesimisstrategioita, joista yhdyskuntapesimisellä tarkoitetaan yhden tai useamman lajin muodostamaa koloniaa (Campbell ym. 2008). Useat lintulajit eri laikoista pesivät vaihtelevan kokoisissa yhdyskunnissa (Brown ym. 1990). Parhaimmat edellytykset yhdyskuntapesimiseen on lajeilla, jotka eivät käytä ravinnokseen lintujen munia tai poikasia. Pienet ja keskikokoiset loppilinnut täyttävät nämä edellytykset ja pesivätkin lähes yksinomaan yhdyskunnittain. Tällöin ne pystyvät havaitsemaan saalistajan nopeammin ja puolustautumaan tehokkaammin (Götmark 1984a). Lokeistamme naurulokki muodostaa suurimmat yhdyskunnat, kun taas isokokoinen merilokki pesii yksin tai pienissä yhdyskunnissa (Götmark 1982).

Tutkimusten mukaan yhdyskunnittain pesivien loppien pesät tuhoutuvat epätodennäköisemmin kuin yksittäin pesivien (mm. Patterson 1965, Götmark ja

Andersson 1984). Myös sorsalinnuilla on havaittu lähekkäin pesimisestä olevan hyötyä. Ringelman ym. (2014) havaitsivat sinisorsalla (*Anas platyrhynchos*) etäisyyden toiseen pesivään lajitoveriin vaikuttavan pesään kohdistuvaan saalistusriskiin. Sinisorsalla tiheästi pesiminen voi toisaalta houkutella petoja helpon ravinnon toivossa (Gunnarsson ja Elmberg 2007), kuten on havaittu tapahtuvan haikaralintujen (*Ciconiiformes*) yhdyskunnissa (Varela ym. 2007). Yhdyskuntapesimisen edut on havaittu myös muiden lintusukujen lajeilla, kuten räkättirastaalla (*Turdus pilaris*) (Anderson ja Wiklund 1978) ja Amerikassa esiintyvällä amerikanpääskyllä (*Petrochelidon pyrrhonota*) (Brown ym. 2008). Informaatiokeskuksina yhdyskuntien on esitetty välittävän tehokkaasti tietoa ravintokohteista (Ward ja Zahavi 1972). Useat tutkimukset osoittavat, ettei informaatiokeskus -hypoteesi ole perusteltu lokkiyhdyskunnissa (mm. Andersson ym. 1981, Götmark & Andersson 1984, Racine ym. 2012).

2.1.2 Sorsalinnut lokkiyhdyskunnassa

Yksi lajien pesäpredaation välttämismekanismi on pesiä lähellä toista lajia, joka puolustaa elinympäristöään aggressiivisesti. Lokkien aggressiivisesta pesäpuolustautumisesta hyötyvät myös muut lajit. Suurimpia yhdyskuntia meillä muodostavat naurulokit, joiden on osoitettu toimivan ympäristönsä avainlajina. Viron Endla-järvellä tehdyssä tutkimuksessa naurulokkiyhdyskunnan romahtamisen jälkeen muiden lajien lukumäärä lähti voimakkaaseen laskuun (Leito ym. 2016). Järvellä pesi noin 8 000 naurulokkiparia vuoteen 1998 asti, jonka jälkeen kanta romahti nopeasti. Siihen asti järvellä pesi noin 30 muuta lajia vakituisesti, mutta vuosituhaten vaihteen jälkeen erityisesti vesilintujen kannat lähtivät jyrkkään laskuun. Neljä sorsalintulajia katosi alueelta kokonaan, sillä yhdyskunnan tarjoama suoja alueella pesiviä petolintuja ja nisäkäspetoja vastaan oli poissa. Tutkimus osoittaa, että naurulokki rikastuttaa alueen linnustoa ja koko ekosysteemiä, vaikka yhdyskuntapesiminen on herkkä muutoksille. Yhdyskunnan romahtamiselle Leito ym. (2016) esittävät syyksi maisematasolla tapahtuneet muutokset. Ainoa laji, joka selkeästi hyötyi lokkien vähenemisestä Endla-järvellä, oli ruokokerttunen (*Acrocephalus schoenobaenus*).

Vastaavanlaiset lokkiyhdyskunnan romahtamisen seuraukset muuhun pesivään lajistoon on havaittu myös Latvian Engure-järvellä (Vīksne ym. 2011). Yli 30 000 parin lokkiyhdyskunta romahti 400 pariin, jonka myötä myös sorsalintujen parimäärä tippui 2

700:sta 600:aan. Uudenmaan suurin naurulokkiyhdyskunta sijaitsee Espoon Suomenojan jätevesialtaalla, jossa naurulokkeja pesii noin 3 000 paria (Lammi ja Routasuo 2016). Alue on osa kansallista tärkeiden lintualueiden FINIBA-verkostoa (Leivo ym. 2002). Yhteensä Suomenojan pesimälinnustoon kuuluu yli 40 lajia, muuan muassa harvinaistuneet puna- ja tukkasotka. Useat tutkimukset osoittavat erityisesti sotkien hakeutuvan lokkiyhdyskuntien läheisyyteen pesimään (mm. Havlin 1966, Kilpi 1984, Väänänen 2000, Leito ym. 2016).

Hildén (1964) havaitsi tukka- ja lapasotkien (*Aythya marila*) keskimääräisen paritiheyden kasvavan suhteessa lokkilintujen runsauteen Pohjanlahdella sijaitsevilla Valassaarien luodoilla. Vastaavanlaisen tuloksen Götmark (1989) sai Ruotsin rannikolta, jossa lokkilinnuilla havaittiin olevan positiivinen yhteys lapa- ja tukkasotkien pesintämenestykseen. Suomessa sotkien pesintämenestystä on tutkittu puna- ja tukkasotkalla Keski-Suomen rehevöityneillä järvillä (Väänänen 2000). Tukkasotkalla havaittiin voimakkaampi yhteys lokkeihin kuin punasotkalla. Havaituista tukkasotkan pesistä 61 prosenttia sijaitsi kolonian sisäpuolella, kun punasotkalla vastaava luku oli 29 prosenttia. Lähes puolet molempien lajien pesistä tuhoutui kolonian ulkopuolella, kun taas yhdyskunnan sisällä vastaava luku oli alle kymmenen prosenttia. Myös pesän sijainti lokkiyhdyskunnassa liittyy pesän selviytymiseen. Yhdyskunnan reunamilla pesivät tukkasotkat joutuvat saalistuksen kohteeksi todennäköisemmin kuin keskellä yhdyskuntaa pesivät (Liordos ja Lauder 2015). Myös pesän etäisyys kolonian reunasta vaikuttaa pesintämenestykseen, sillä mitä kauempana pesä sijaitsee yhdyskunnasta sitä suurempi predaatoriski (Liordos ja Lauder 2015).

Väänänen (2000) tutkimuksen aineistoa on hyödynnetty laajemmassa selvityksessä, jossa tarkasteltiin myös muiden lajien suhdetta lokkiyhdyskuntiin Keski-Suomen rehevillä järvillä. Tutkimuksessa havaittiin puolisuikeltajasorsien pesien sijaitsevan tyypillisimmin muissa kosteikkoelinympäristöissä tai kosteikon ulkopuolella pellolla ja metsissä kuin lokkiyhdyskunnan puolustusalueella (Väänänen ym. 2016). Pöysä ym. (2019) havaitsivat puolisuikeltajasorsista sinisorsalla, jouhisorsalla (*Anas acuta*), heinätavilla (*Spatula querquedula*) ja lapasorsalla (*S. clypeata*) olevan heikko korrelaatio naurulokkiyhdyskunnan koon kanssa, mutta naurulokilla havaittiin olevan vaikutusta silti useiden uhanalaisten vesilintujen populaatiodynamiikkaan.

Sorsalintujen pesimisvaiheen lisäksi lokkiyhdyskuntien on esitetty tarjoavan suojaa myös sorsapoikueille. Götmark (1984a) toteaa, että poikuevaiheessa sorsien voidaan olettaa hyödyntävän pienten lokkilintujen yhdyskuntien tarjoamaa suojaa, sillä linnunpoikaset eivät tyypillisesti kuulu pienten lokkien ravintoon. Väänänen ym. (2016) havaitsivat puolisukeltajasorsien siirtyvän vasta poikuevaiheessa lokkien lähelle. Tutkimuksessa havaittiin myös, että sukeltajasorsista telkkä (*Bucephala clangula*) ei ollut riippuvainen lokkien määrästä pesimisvaiheessa, eivätkä territoriaaliset telkkäpoikueet hakeutuneet lokkiyhdyskuntiin. Myöskään muut sukeltajasorsat eivät osoittaneet poikuevaiheessa niin suurta riippuvuutta lokkiyhdyskuntiin kuin puolisukeltajat. Tätä voidaan selittää sillä, että sukeltajasorsien poikaset aloittavat varhain itse etsimään ruokaa sukeltamalla ja ne voivat siirtyä syvemmille vesille. Samassa tutkimuksessa havaittiin lokkiyhdyskuntien väheneminen lintuvesillä. Yhä useampi nauru- ja pikkulokki (*Hydrocoloeus minutus*) pesi viljellyillä peltoalueilla tai karujen vesien luodoilla. Nämä pesimäympäristöt eivät kuitenkaan houkuttele vesilintuja pesimään, jolloin ne menettävät lokkiyhdyskuntien antaman hyödyn pesimämenestyksen parantamiseen.

Suolaisen veden sorsalajeista haahkan yhteys lokkiyhdyskuntiin ei ole aina tullut selvästi ilmi. Bourget (1973) sekä Götmark ja Åhlund (1986) havaitsivat haahkan suosivan saaria, joilla pesii myös lokkeja. Saarilla pesien havaittiin sijaitsevan tyypillisimmin lähellä lokkiyhdyskuntaa. Tulos ei ole yhteneväinen Harion ja Selinin (1989) havaintojen kanssa. Heidän havaintojensa perusteella haahkojen pesintä onnistuu parhaiten rauhallisilla ulkoluodoilla riippumatta siitä, pesiikö samalla luodolla lokkilintuja vai ei. Uudemmat tutkimukset tukevat Bourgetin (1973) sekä Götmarkin ja Åhlundin (1986) havaintoja. Kurvisen ym. (2016) muodostaman laskennallisen mallin mukaan haahkat suosivat pesimisympäristöjä, joissa pesii lokkeja. Pratte ym. (2016) perustelevat haahkan pesimistä lokkiyhdyskunnissa yhteneväisillä ympäristövaateilla. Saaristomereillä lokkilintujen läheisyyteen on havaittu myös kyhmyjoutsenen, puna- ja tukkasotkan sekä pilkkasiiven (*Melanitta fusca*) hakeutuvan pesimään (von Numers 1995). Huolimatta lokkien tarjoamasta suojasta, pienten lokkilintujen ei ole havaittu houkuttelevan sorsia pesimään kasvillisuudeltaan sorsille epäedulliseen ympäristöön (Hildén 1964).

Lokkilinnut pitävät pedot kauempana, mutta sorsalinnut hyötyvät lokkilintujen tarjoamasta suojasta myös muilla tavoin (Väänänen 2001). Sorsien on osoitettu

tunnistavan naurulokin perus- ja varoitusäänet toisistaan. Lokit hyökkäävät näkyvästi petojen kimppuun ja varoittavat lajitovereitaan, jolloin sorsat ehtivät peittämään pesät tai johdattamaan poikueet kauemmaksi pedosta, ja myös sulkasatoiset sorsat pystyvät välttelemään petoa tehokkaammin. Esimerkiksi tavin (*Anas crecca*) on havaittu hyödyntävän lокkien varoitusääniä (Pöysä 1988). Myös muiden lintulahkojen laji on havaittu hyödyntävän lокkien varoitusäänistä (mm. Nuechterlein 1981, Burger 1984).

Merialueen koskeloiden ja isompien lintujen, kuten hanhien ja joutsenien, suhteesta lокkiyhdyskuntiin on vähän julkaistua tietoa. Tukkakoskelon (*Mergus serrator*) pesät säästyvät saalistukselta todennäköisemmin tiirayhdyskunnassa kuin lокkiyhdyskunnassa (Young ja Titman 1986). Isokoskeloiden (*Mergus merganser*) pesimisalueen valintaan lокkien ei ole havaittu vaikuttavan (von Numers 1995). Myöskään kyhmyjoutsenen pesimisalueen valintaan lokit eivät vaikuta, vaikka kyhmyjoutsenta tavataan todennäköisemmin pienten lокkilintujen läheisyydestä (von Numers 1995). Laulujoutsenen (*Cygnus cygnus*) ei ole havaittu myöskään hakeutuvan naurulokkiyhdyskuntiin pesimään (Pöysä ym. 2019). Hanhien taipumusta pesiä lокkiyhdyskunnissa ei tunneta, joskin Yrjölä ym. (2017) arvelevat valkoposkihanhen pesivän mielellään lокkiyhdyskunnissa. Tätä päätelmää tukevat havainnot pesivistä hanhista tundra-alueella. Hanhet hakeutuvat pesimään lähelle petolintuja, jotka pitävät maapedot loitolla (mm. Tremblay ym. 1997, Quinn ja Kokorev 2002, Kharitonov ym. 2016).

2.1.3 Isot lokit ja sorsalinnut

Kolme isoa lокkilintua pesii Suomen rannikolla, ja ne voivat pesiä yksittäin tai pienissä yhdyskunnissa. Yksittäin pesiminen voi olla yhteydessä lajinsisäiseen pesäpredaation tai lокkien suureen kokoon, joka vähentää riskiä joutua vielä kookkaamman petolinnun saalistamaksi (Götmark 1982). Kuten pienillä lokeilla, myös isot lokit voivat hyötyä yhdyskunnan tarjoamasta suojasta. Savoca ym. (2011) havaitsivat, että harmaalokin poikasten kasvunopeus ja selviytyvyys ovat riippuvaisia yhdyskunnan koosta. Lähekkäin toisiaan pesivien harmaalokkien poikaset kasvoivat nopeammin ja selviytyivät lentokykyisiksi todennäköisemmin kuin yksittäin pesivien. Lähekkäin pesivät lokit ottavat riskin joutua lajinsisäisen tai toisen ison lokin pesäpredaation kohteeksi (mm. Ellis ja Good 2006, Savoca ym. 2011).

Isojen lокkien vaikutus muuhun pesivään lajistoon tunnetaan huonommin kuin pienten lокkilintujen vaikutus, ja niiden ravintokohteet poikkeavat pienten lокkilintujen ravinnosta (Götmark 1984b). Vesilintujen munat ja poikaset ovat osa isojen lокkien ravintoa. Dwernychuk ja Boag (1972) havaitsivat pohjoisamerikkalaisten rengasnokkilokin (*Larus delawarensis*) ja preerialokin (*L. californicus*) tarjoavan sorsalinnuille suojaa pesintävaiheessa, mutta lокkien poikasten kuoriuduttua ne alkoivat hyödyntää sorsien poikasia ravintonaan. Sorsalintujen aikaisen pesinnän on havaittu myös muissa tutkimuksissa vähentävän pesäpredaation riskiä (mm. Havlin 1966, Stien ym. 2010).

Harion ja Selinin (1989) tutkimuksessa jokaiselta Söderskärin merilokin pesältä löytyi haahkanpoikasten jäänteitä. Myös selkä- (*Larus fuscus*) ja harmaalokki voivat olla pesärosvoja, mutta ne ryöstävät pesiä merilokkeja harvemmin. (Götmark 1984b). Bourget (1973) huomasi, että isojen lокkien pesinnän ajoittuminen vaikuttaa haahkojen pesien selviytymiseen. Meri- ja harmaalokkien aggressiivisuus vaihtelee pesinnän edetessä. Jos aggressiivisuushuiput osuvat samaan aikaan kuin haahkojen pesintä on haavoittuvaisimmillaan, poikaset selviytyvät epätodennäköisemmin. Samassa tutkimuksessa havaittiin merilokin aiheuttavan harmaalokkia enemmän haahkan pesätappioita.

Götmarkin ja Åhlundin (1986) tuovat ilmi, että meri- ja harmaalokki vaikuttavat positiivisesti pesivien haahkojen määrään. Gerell (1985) havaitsi, että harmaalokkiyhdyksunnat houkuttelevat haahkanaaraita, jotka aloittavat pesimisen varhain ja myöhemmin pesivät naaraat hakeutuvat lähelle kalalokkiyhdyksuntaa (*Larus canus*). Yhdyksuntien suojassa haahkan pesät ovat paremmin turvassa varikselta (Gerell 1985). Meri- ja harmaalokkien positiivisen vaikutuksen haahkan pesintään havaitsivat myös von Numers (1995) ja Kurvinen ym. (2016). Selkälokkien vaikutuksesta sorsalintujen pesintään on vähemmän tutkittua aineistoa, mutta Götmark ja Åhlund (1986) huomasivat myös selkälokin vähentävän haahkojen pesiin kohdistuvaa predatiota. Uudempia tuloksia voimakkaasti taantuneen selkälokin ja sorsalintujen vuorovaikutussuhteesta ei ole.

2.2 Sorsalintujen pesiin kohdistuva saalistus

2.2.1 Maapedot sorsalintujen pesärosvoina

Saalistuksella on tärkeä merkitys populaation selviytymiseen, lisääntymismenestykseen sekä käyttäytymiseen. Vesilinnuilla turvallisen pesäpaikan valinta liittyy lisääntymisen onnistumiseen, sillä vesilintujen munat ja poikaset ovat useiden nisäkkäiden ja lintujen ravintoa (mm. Dow ja Fredga 1985). Pesäpredaation on esitetty olevan tärkein yksittäinen vesilintujen poikastuotantoon vaikuttava tekijä (Newton 1998). Maapedoista erityisesti kettu (*Vulpes vulpes*) sekä vieraspedot supikoira (*Nyctereutes procyonoides*) ja minkki (*Neovison vison*) saalistavat lintujen munia ja poikasia (mm. Nordström ym. 2002, Kallioniemi ym. 2015, Krüger ym. 2018). Näiden pesäpredaatio kohdistuu maassa pesivien lintujen, kuten vesilintujen pesiin, jos vaihtoehtoista saalista eli myyriä (*Arvicolinae*) ei ole tarjolla. Esimerkiksi Bêty ym. (2001) havaitsivat, että sopuleiden määrä on suoraan yhteydessä lumihanhen (*Anser caerulescens atlanticus*) pesintämenestykseen.

Saariston vesilinnuille huomattavimpia pesätuhoja aiheuttaa hyvänä uimarina tunnettu minkki, sillä vesilinnuille ei ole kehittynyt puolustuskeinoa kyseistä vieraslajia vastaan. Kilpi (1995) havaitsi minkkikannan koon vaikuttavan suoraan kalalokin poikastuotantoon. Minkin aiheuttamaa saalistuspainetta on tutkittu petopoistojen myötä. Nordströmin ym. (2002) tekemät petopoistot Saaristomerellä runsastuttivat muun muassa tukkasotkan, ristisorsan (*Tadorna tadorna*), pilkkasiiven ja pienten lokkilintujen kantoja. Poistoilla ei havaittu olevan vaikutusta isompiin vesilintuihin, kuten isokoskelon ja haahkan pesintään. Esimerkiksi valkoposkihanhikoiras pystyy puolustamaan hautovaa naarasta pieniltä maapedoilta (Markku Mikkola-Roos, suullinen tiedonanto Korkeasaaren hanhipaneelissa 12.3.2019).

Minkin läsnäolon on havaittu liittyvän vesilintujen pesimisympäristön valintaan (Nordström ja Korpimäki 2004). Saarien isolaatio vaikuttaa positiivisesti vesilintujen määrään alueilla, joilla minkkiä on tavattu. Vastaavasti alueilla, joilla minkki ei saalista, isolaatio ei ollut merkittävä tekijä. Helsingin saarilla minkki on aiheuttanut huomattavia tuhoja (Haapanen ym. 2017). Iso-Britanniassa minkin aiheuttaman saalistuksen tiedetään hävittäneen kokonaisia lokkiyhdyskuntia (Craik 2000).

2.2.2 Petolintujen vaikutus sorsalintujen pesintään

Minkin lisäksi useista tutkimuksista ilmenee varislintujen (*Corvidae*) ryöväävän maassa pesivien lintujen pesiä (mm. Hill 1984, Zduniak 2006, Krüger ym. 2018). Maapedoille on tyypillistä ryövätä koko pesä (Dahl ja Åhlen 2018), kun taas varis vie pesistä yksittäisiä munia (Zduniak 2006). Varikselle saariston lintukolonioiden tarjoavat helppoa ruokaa ja ne hakeutuvatkin usein pesimään kolonioiden läheisille saarille (Haapanen ym. 2017).

Viksnen ym. (2011) tutkimuksesta ilmenee variksen olevan suohaukkojen (*Circus sp.*) jälkeen huomattavin sorsalintujen pesärosvo Latvian Engure-järvellä. Sorsalintujen pesien määrä ja pesinnän onnistumisprosentti lähtivät alueella samaan aikaan laskuun, kun saalistuspaine kasvoi petolintujen runsastumisen myötä. Huomattavaa on, että samaan aikaan myös lokkiyhdyskunta romahti ja siirtyi pesimään kauemmaksi rannasta minkkipopulaation vakiinnuttua alueelle. Tutkimuksessa havaittiin variksen käyttävän ravinnokseen erityisesti aikaisin pesivän sinisorsan munia. Zduniak (2006) havaitsi eräällä kosteikkoalueella Puolassa variksen tuhoamista munista kuuluvan 13 prosenttia sinisorsalle ja 7 prosenttia naurulokille. Eniten varis hyödynsi nokikanan (*Fulica atra*) munia (69 % tuhotuista munista), vaikka sinisorsia pesii alueella runsaammin.

Riistakameroiden avulla tehdyssä pesäpredaatiokokeessa havaittiin maatalousvaltaisella Maaningan ja metsäisellä Evon alueella varislintujen, kuten harakan (*Pica pica*), variksen ja närhen (*Garrulus glandarius*) olevan huomattavimpia keinopesien saalistajia (Holopainen ym. 2017). Muistettava on, että keinopesätutkimukset saattavat liioitella variksen osuutta pesärosvona, koska keinopesiä harvoin peitetään yhtä hyvin kuin sorsaemot todellisuudessa peittävät pesiään. Opermanis (2004) havaitsi, että peittämättä jätetyt keinopesät joutuivat petolintujen saalistuksen kohteeksi huomattavasti todennäköisemmin kuin peitetyt. Todellisuudessa munintavaiheen lopulla pesältä poistuessaan sorsalinnut peittävät munat untuvilla. Myös ympäröivän kasvillisuuden korkeus vaikuttaa keinopesien munien selviytymiseen (Sugden ja Beyersbergen 1987). Krügerin ym. (2018) Etelä-Suomeen sijoittuva keinopesätutkimus tuki Holopaisen ym. (2017) havaintoja. Varikset ja harakat ryöväisivät yhdessä lähes puolet kaikista tuhoutuneista keinopesistä.

Väänänen (2000) selvitti sotkien pesiin kohdistuvaa saalistuspainetta. Tukka- ja punasotkien pesälaskentoja tehtiin lokkiyhdyskunnissa sekä niiden ulkopuolella kontrollialueilla. Kaikista lokkiyhdyskuntien ulkopuolella sijaitsevista pesistä lähes puolet ryövättiin, yhdyskunnissa olleista pesistä ainoastaan noin kymmenen prosenttia. Tutkimuksessa hyödynnettiin myös keinotekoisia pesiä. Lokkiyhdyskuntien ulkopuolelle sijoitetuista pesistä 90 prosenttia tuhoutui, yhdyskuntien sisällä olevista pesistä vain 13 prosenttia. Keinopesätutkimuksella voidaan varmistaa, että lokkiyhdyskunnassa pesiminen on myös oikeille sorsien pesille tehokas suojakeino pesäpredaatiota vastaan. Pesien tyypillisin pesärosvo oli varis. Vastaavan tuloksen saivat Götmark ja Åhlund (1986) tutkimuksesta, jossa he selvittivät haahkojen pesiin kohdistuvaa pesäpredaatiota Etelä-Ruotsissa. Stien ym. (2010) eivät pystyneet määrittelemään haahkojen pesinnän epäonnistumisen syytä, mutta esittivät myös variksen olevan huomattava pesärosvo. He tutkivat, miten varisten poistaminen haahkayhdyskunnista vaikuttaa pesimismenestykseen. Toisella tutkituista saarilla pesintämenestys parani petopoistovuonna, mutta toisella saarella pesinnän onnistumisprosentti pysyi ennallaan.

Pohjois-Amerikassa tehdyssä tutkimuksessa amerikanvaris (*Corvus brachyrhynchos*) ja korppi (*C. corax*) olivat huomattavimmat lokkiyhdyskuntien pesärosvot Huronjärvellä. Saalistus kohdistui erityisesti saariin, joilla kasvoi korkeita puita, ja näiden puiden juurilta löytyi runsaasti sorsanmunien kuoria (Ewins 1991). Variksen lisäksi sorsalintujen pesiä ryöväävät isot lokit. Götmark ja Åhlund (1986) esittävät, että varis erityisesti hakeutuu haahkojen hyödyntämien lokkiyhdyskuntien läheisyyteen, koska siellä on tarjolla runsaasti ryöväyttäviä pesiä sekä lokeilta jääneitä ruuantähteitä. Tutkimuksen varikset hakeutuivat ruokailemaan ennemmin meri- ja harmaalokkien läheisyyteen kuin kalalokkien, jotka hyökkäsivät varisten kimppuun isoja lokkeja herkemmin. Gerell (1985) havaitsi, että lokkiyhdyskunnan ulkopuolella sijaitsevat haahkan pesät, joutuivat todennäköisemmin variksen ryöväämiksi kuin ne, jotka sijaitsevat yhdyskunnan välittömässä läheisyydessä.

Muista petolinnuista merikotkan (*Haliaeetus albicilla*) tiedetään vaikuttavan pesivään saaristolinnustoomme. Lounaissaariston haahkatutkimuksessa merikotkan reviirin havaittiin vaikuttavan negatiivisesti haahkojen pesimisympäristön valintaan (Kurvinen ym. 2016, Kilpi ym. 2018). Öst ym. (2018) tutkivat haahkanaaraiden kuolinsyitä ja tutkituista yksilöistä lähes puolet oli merikotkan tappamia. Tutkimuksessa selvisi myös

merikotkan aiheuttaman saalistuspaineen kasvaneen tutkimusjakson (2003–2016) aikana. Havaintojen perusteella merikotkien seurassa liikkuu helpon saaliin perässä usein meri- ja harmaalokkeja, jotka lisäävät saalistuspainetta entisestään (Kilpi ym. 2018).

2.3 Saaristo lintujen elinympäristönä

2.3.1 Saaristolintukantojen tila

Suomessa pesii vakinaisesti 244 lintulajia, joista 35 kuuluu sorsalintujen (Anatidae) ja 11 lokkien heimoon (Lehikoinen ym. 2019). Laskentoihin ja kenttätöihin perustuvat kanta- ja kantojen pitkäaikaismuutosarviot ovat olemassa merialueen saaristossa säännöllisesti pesiville vesilintulajeille. Monella sorsalinnulla kannankehitys on taantuva: kannat kääntyivät laskuun 1990-luvulla (Hario ja Rintala 2014). Suomen vuoden 2019 Punaiselle listalle sorsalinnuista on päätynyt neljätoista lajia, joista kahdentoista tila on huonontunut vuoden 2000 uhanalaisuusarviosta (Lehikoinen ym. 2019). Vastaavanlainen kehitys on havaittu koko Euroopassa (Birdlife International 2015).

Saaristolintulajien taantuminen selviää myös Harion ja Rintalan (2014) raportoinnista. 1990-luvun huippuvaiheen noin puoli miljoonaa saaristolintuparia taantui 25 prosenttia vuoteen 2010 mennessä. Sorsalinnuista tukkasotkan, haahkan sekä tukka- ja isokoskelon kannat ovat pienentyneet 1980-luvun puolesta välistä lähtien. Huomattavin muutos on tapahtunut tukkasotkalla, jonka saaristokannat pienenevät 50 prosenttia pelkästään vuosina 2000–2010. Tukkasotka on määritelty erittäin uhanalaiseksi (Lehikoinen ym. 2019). Pöysän ym. (2019) tutkimuksesta ilmenee, että uhanalaisiksi määritetyt sorsalinnut ovat riippuvaisempia naurulokkiyhdyksistä kuin uhanalaisuusluokituksestaan elinvoimaiset lajit.

Tukkasotkan lisäksi myös haahkakannassa on tapahtunut suuria muutoksia. Arvioiden mukaan haahkakanta on nykyään noin 100 000 yksilöä, mikä on 57 prosenttia 1980-luvun kannasta (Hario ja Rintala 2010). Haahkakantojen voimakasta taantumista Itämerellä on tutkittu paljon (Kilpi ym. 2018). Syyksi on esitetty muun muassa muutoksia haahkojen sukupuolijakaumassa, joka on nykyään painottunut koiraisiin (Lehikoinen ym. 2008). Lisäksi naarashaahkojen synnyinpaikkauskollisuus tekee niistä herkkiä ympäristön muutoksille (Ekroos ym. 2012). Huomioitavaa on myös, että merikotkakanta on elpynyt

sukupuuton partaalta noin 400 vuosittain pesivään pariin samaan aikaan kuin haahkakanta on taantunut (mm. Valkama ym. 2011, Stjernberg ym. 2013, Kilpi ym. 2018).

Merikotkan lisäksi kyhmyjoutsen, kanadanhanhi (*Branta canadensis*), valkoposkihanhi ja merimetso (*Phalacrocorax carbo*) ovat runsastuneet Suomen rannikolla (mm. Valkama ym. 2011, Hokkanen 2012). Erityisesti valkoposkihanhikanta on runsastunut vuosituhannen vaihteen jälkeen (Väänänen ym. 2011). Nykyään pääkaupunkiseudun saaristossa pesii vuosittain noin 1 300 valkoposkihanhiparia (Suomen ympäristökeskus 2018). Jos tarkastelemme kuitenkin pidempää aikajaksoa, saaristolintukannat ovat pääasiassa kasvaneet 1900-luvulla (Hildén ja Hario 1993). Saaristolintuparien määrä oli 2000-luvulle siirryttäessä kymmenkertainen 1930-luvun arvioihin verrattuna (Hario ja Rintala 2007).

Lokkilinnuista selkä- ja merilokkien kannoissa on havaittavissa lievää taantumista, mutta muiden lajien kannat ovat pysyneet vakaina tai kasvaneet hieman (Hario ja Rintala 2007). Tästä huolimatta vuoden 2019 uhanalaisuusarviossa naurulokki on määriteltä vaarantuneeksi ja selkälokki erittäin uhanalaiseksi (Lehikoinen ym. 2019), kun vuonna 2010 naurulokin uhanalaisuusluokitus oli silmälläpidettävä ja selkälokin vaarantunut (Tiainen ym. 2016). Pitkäaikaismuutoksissa on kuitenkin alueellisia eroavaisuuksia, sillä esimerkiksi selkälokki on runsastunut Helsingin alueella (Haapanen ym. 2017). Elinvoimaisina pidetään kalalokin sekä lapin- (*Sterna paradisaea*) ja kalatiran (*S. hirundo*) kantoja (Lehikoinen ym. 2019).

2.4.1 Saaren sijainnin vaikutus linnustoon ja pesintään

Saariteorian mukaan lajimäärä kasvaa maa-alueen kasvaessa ja pienenee siirryttäessä mantereesta kauemmaksi ulkosaaristoon (MacArthur ja Wilson 1967). Lajien jakautuminen alueella on mallinnettavissa tutkittavien ympäristötekijöiden mukaan. Mallinnus edesauttaa suojelutoimien kohdentamista ja sen suosio on kasvanut osana ekologista tutkimusta (Bolker ym. 2009). Esimerkiksi saarien pinta-alan kasvun on todettu vaikuttavan positiivisesti sorsalintujen populaatiokokoihin (mm. Heinänen ym. 2008, Kurvinen ym. 2016, Yrjölä ym. 2017). Sen sijaan pesintäaikaan tapahtuvien sääolosuhteiden tai veden suolapitoisuuden muutosten ei ole havaittu liittyvän Suomen saaristolinnuston kannanmuutoksiin (Rönkä ym. 2005).

Eristäytyneinä elinympäristöinä saaret ja luodot tarjoavat suojaisemman pesimisympäristön maapedoilta manneralueisiin verrattuina. Lokemoen ja Woodward (1992) havaitsivat, että sorsalintujen pesintämenestys oli saarilla huomattavasti korkeampi ja että pesiä oli tiheämmässä saarilla kuin mantereen ylängöillä. Hill (1984) havaitsi sinisorsan pesien välttyvän todennäköisemmin predaatiolta saarilla kuin mantereella Iso-Britanniassa tehdyssä tutkimuksessa. Vastaavanlaisia tuloksia on saatu myös muilta vesilinnuilta (mm. Hötker 2000, Eason ym. 2012, Hartman ym. 2016).

Heinänen ym. (2012) havaitsi, että haahkan ja harmaalokin pesimisympäristön valintaan vaikuttaa saaren eristyneisyys. Haahkalla ulkosaariston hyvinkin eristyneet saaret ovat olleet hyviä pesimisympäristöjä (Laurila 1989). Kurvisen ym. (2016) tutkimuksessa haahkojen elinympäristövaatimukset olivat muuttuneet, ja pesintöjen painottuneisuus on siirtynyt ulkosaaristosta sisäsaariston avoimille suurille saarille, joiden lähellä on muitakin saaria. Tätä muutosta on selitetty muun muassa sillä, että haahkakannat ovat taantuneet hitaammin sisäsaaristossa.

Haahkan lisäksi valkoposkihanhi pesii runsaana Helsingin saaristossa ja sen pesintään vaikuttavia tekijöitä on tutkittu vastikään. Yrjölä ym. (2017) tutkivat, miten etäisyys Helsingin ensimmäisestä valkoposkihanhien asuttamasta saaresta vaikuttaa muilla saarilla pesivien valkoposkihanhien määrään. Etäisyydellä ei havaittu olevan vaikutusta populaatiokokoihin, vaikka valkoposkihanhet ovat pesinnän suhteen paikkauskollisia. Myöskään saaren käyttömuodolla ei ollut vaikutusta hanhien määrään, eli sotilaskäytössä olevat tai suojellut saaret eivät lisänneet tai vähentäneet tilastollisesti merkittävästi pesivien hanhien määrää. Yrjölä ym. (2017) pitävät mahdollisena, että lokkiyhdyksillä on merkitystä valkoposkihanhen pesimäsaaren valintaan. Tutkimuksessa käytetyistä saarista suurimmat lokki- ja valkoposkihanhipopulaatiot sijaitsivat samalla saarella. Tulevaisuudessa hanhien määrään saattaa vaikuttaa elpyvä merikotkakanta (Yrjölä ym. 2017).

2.4.2 Bioottisten tekijöiden vaikutus linnustoon

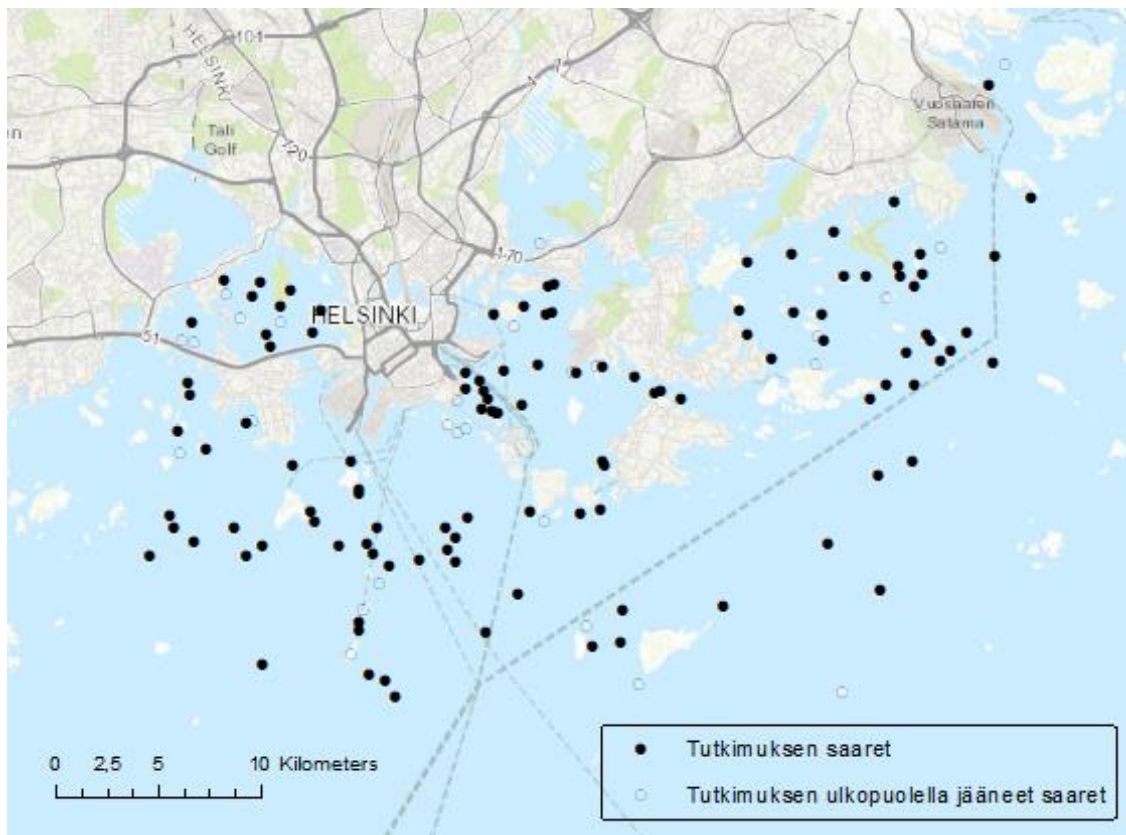
Bioottiset eli muun muassa kasvillisuuden muodostamat ympäristötekijät vaikuttavat pesivään lajistoon (mm. Nummi ym. 2013). Esimerkiksi naarashaahkat viihtyvät enemmän avoimilla saarilla kuin puustoisilla, vaikka niiden pesintäaikainen kuolleisuus on suurempaa puuttomilla saarilla (Ekroos ym. 2012). Saalistuspaine kasvaa siirryttäessä avoluodoilta metsäisille saarille (Öst ym. 2018). Myös Kurvinen ym. (2016) havaitsivat, että latvuspeittävyys toimii negatiivisena tekijänä: korkea puusto tarjoaa petolinnuille hyviä tähytyspaikkoja. Ewingsin (1991) havaintojen mukaan, loppukolonoiden lähellä olevat puut tarjoavat petolinnuille tähytyspaikan lisäksi suojaa. Kuitenkin sorsalinnuista punasotkalla saarien latvuspeittävyydellä on positiivinen yhteys pesivien punasotkaparien määriin (von Numers 1995).

Kuten edellä mainitut tutkimukset tuovat ilmi, kasvillisuuden vaikutus pesimäympäristön valintaan eroaa eri sorsalajien välillä (Nummi ja Pöysä 1995). Vaikutus tunnetaan parhaiten sukeltajasorsilla (Holopainen ym. 2015). Puolisukeltajat, erityisesti haapana (*Mareca penelope*) ja sinisorsa, hakeutuvat pesimään mataliin ja reheviin kosteikkoympäristöihin (mm. Pöysä 2001, Nummi ym. 2013). Heterogeenisen ja tiheän aluskasvillisuuden on havaittu vaikuttavan myös pesäpredaatioon (Crabtree ym. 1989). Kokosukeltajasorsia houkuttelee kelluva kasvillisuus (mm. Eriksson 1976, Fast ym. 2004). Puolisukeltaja- sekä kokosukeltajasorsien habitaatin valintaan liittyy kasvillisuuden lisäksi ravinnon saanti (Holopainen ym. 2015), mutta ravinnon määrä voi vaihdella alueittain ja ajallisesti. Esimerkiksi vesiselkärangattomien määrällä on vaikutusta telkän pesintään (Nummi ja Pöysä 1995).

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

3.1 Tutkimusalue ja aineiston hankinta

Helsingin edustan merialueella on noin 300 saarta, joiden ympäristötekijät muuttuvat siirryttäessä rannikkovyöhykkeeltä ulkosaaristoon. Rannikkovyöhykkeellä vesi on ravinteikkaampaa ja saaret puustoisia. Sisäsaaristoon siirryttäessä saarien kasvillisuus niukkenee, ja ulkosaariston saaret ovat tyypillisesti puuttomia ja karuja. Uudenmaan rannikovesien tila on heikossa kunnossa liian korkeiden ravinnepitoisuuksien takia (Penttilä ja Ahlman 2017). Tässä tutkimuksessa käytettävä aineisto sisältää lintulaskennat 147 Helsingin saarelta. Laskentoja on tehty kaikilta saaristovyöhykkeiltä, mutta aineisto painottuu ulkosaariston puuttomille ja vähäpuustoisiin saariin ja luotoihin (Kuva 1). Saarilta on laskettu pesivien lintujen parimäärät vuosina 1995–2013. Kaikilla saarilla ei ole kuitenkaan käyty vuosittain.



Kuva 1. Tutkimusaineiston saaret, joilla on tehty lintulaskentoja vuosien 1995–2013 aikana. Aineiston saaret on eroteltu tässä tutkimuksessa käytettäviin saariin ja tutkimuksen ulkopuolelle jääneisiin saariin.

Ihmisen toiminta (kalastus, merilinnustus, retkeily tai muu virkistyskäyttö) ulottuu suurimpaan osaan saarista. Vastaavasti maithinousua on rajoitettu usealla saarella, jos ne ovat puolustusvoimien käytössä tai kuuluvat jonkun suojeluohjelman piiriin. Helsingin edustan luodoista 1 200 hehtaaria kuuluu tärkeiden lintualueiden kansalliseen FINIBA-verkostoon (Leivo ym. 2002). Saarien pinta-alat sekä etäisyydet lähimpään maa-alueeseen on selvitetty Helsingin kunnan tarjoamasta karttapalvelusta. Tutkimussaarien kokonaispinta-ala on noin 70 hehtaaria eli valtaosa saarista on alle hehtaarin kokoisia (Taulukko 1). Saaret sijaitsevat välittömästi toisen saaren läheisyydessä tai jopa lähes kilometrin etäisyydellä (Taulukko 1, Kuva1). Aineistoa on aikaisemmin hyödynnetty Yrjölän ym. (2017) valkoposkikihantutkimuksessa sekä Haapasen ym. (2017) kirjoittamassa Helsingin saaristolintuja käsittelevässä kirjassa.

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytettyjen saarien (n = 118) pinta-alojen ja etäisyyksien tilastolliset tunnusluvut.

	Mediaani	Minimi	Maksimi
Pinta-ala (ha)	0,58	0,02	2,95
Etäisyys (m)	100	1	960

3.2 Saarien lintulaskennat

Helsingin saaristo tarjoaa ainutlaatuisen mahdollisuuden tutkia vesilintujen pesintään vaikuttavia tekijöitä, sillä vesilintujen ja loppilintujen parimäärissä on kullakin saarella huomattavaa vuosien välistä vaihtelua. Sekä vesi- että loppilinnuilla on mahdollisuus valita sopiva pesimissaari noin 300 saaren tai luodon muodostamasta mosaiikista. Vuosina 1995–2013 tehdyt lintulaskennat Helsingin saaristossa ovat Matti Luostarisen tekemiä. Laskennoissa on kerätty tiedot pesivien lintulajien parimääristä saarittain. Saarilla on käyty kolme tai neljä kertaa kesä-heinäkuun aikana pesivän lajiston mukaan. Varhaisimpia pesijöitä ovat haahka, isokoskelo, puolisukeltajasorsat sekä harmaa- ja merilokki. Myöhemmillä laskentakierroilla havainnoitiin erityisesti sotkien, tiirujen ja kalalokkien pesintää. Kaikkein myöhäisimpiä pesijöitä ovat tukkakoskelot. Havaintoyksikkö on pesivä pari ja laskentaan kului aikaa noin 15–30 minuuttia saarta kohden.

Pesivien parien lukumäärä on tulkittu käyttäen hyödyksi Koskimiehen ja Väisäsen (1988) vesilintujen laskentaohjeita. Ohjeiden mukaan pesälaskenta suoritetaan pesien etsinnällä sekä lintujen käyttäytymistä havainnoimalla. Pesiväksi pariksi tulkitaan muista erillään oleva pari, yksinäinen koiras ja koiraat 2–4 koiraan ryhmissä, pienet (2–4 koirasta) naarasta takaa ajavat koirasryhmät sekä yksittäiset naaraat, mikäli niiden yhteismäärä on suurempi kuin koiraiden yhteismäärä. Pesälaskennassa laji määritellään pesän rakenteen, munien, untuvien tai poikasten perusteella. Laskennoista kirjataan ylös laskentasaari, vuosi ja pesivien lintujen parilukumäärä lajeittain. Kala- ja lapintiirojen pesiä ei aina pysty tunnistamaan lajilleen, joten ne on yhdistetty.

3.3 Aineiston käsittely ja tilastanalyysit

3.3.1 Saaret ja pesivät linnut

Tätä tutkimusta varten oli mielekästä valita koko aineistosta 118 saarta. Tarkastelun ulkopuolelle jäivät saaret, joiden merkitävat eivät olleet yhtenevät koko aineiston kanssa tai puuttuvia mittauskertoja oli yli kymmeneltä vuodelta. Tässä tutkimuksessa saarella tarkoitetaan saarta, luotoa, karia tai niiden muodostamaa pientä ryhmittymää. Alkuperäisen aineiston muutama luotoryhmä on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi. Käytettävästä 118 saaren aineistosta 60:llä on käyty vuosina 1995–2013. Loput saaret sisältävät yhden tai useamman vuoden tauon lintulaskennoista johtuen muuan muassa huonoista sääoloista. Ensimmäisenä seurantavuonna laskentoja tehtiin selkeästi vähemmän kuin tulevina vuosina.

Tutkimusjakson aikana saarilta havaittiin pesiviä sorsalintujen heimoon kuuluvia lajeja yhteensä 14. Lajihavainnot voidaan luokitella joutseniin, hanhiin, puolisukeltajiin sekä kokosukeltajiin (Taulukko 2). Joutsenista ainoastaan kyhmyjoutsenta tavattiin pesimässä tutkimusalueella seurantajakson aikana. Hanhista (*Anserinae*) mukana ovat merihanhi (*Anser anser*), valkoposkihanhi ja kanadanhanhi. Puolisukeltajista aineistoa on haapanasta, sinisorsasta, harmaasorsasta (*Mareca strepera*) ja lapasorsasta. Kokosukeltajia ovat tukkasotka, haahka, telkkä, tukka- ja isokoskelo sekä pilkkasiipi. Tutkimusalueella yleisin sorsalintu oli haahka, joita tavattiin koko tutkimusjakson aikana lähes 17 000 pesivää paria yhteensä 108 eri saarelta.

Taulukko 2. Lajihavainnot Helsingin saaristosta 1993–2013 lajiryhmittäin. Tilastolliset tunnusluvut (mediaani, keskiarvo, maksimi) on laskettu koko saarijoukolta. Havaintojen jakautuminen esitetään nolla-arvojen ja puuttuvien arvojen (NA) prosenttimäärinä. Havaintojen lukumäärä kaikilta saarilta tutkimusjaksolta on N.

Laji	Tilastolliset tunnusluvut			Havaintojen jakautuminen %		
	Mediaani	Keskiarvo	Maksimi	Nolla-arvot	NA	N
Joutsenet						
Kyhmyjoutsen	0,00	0,28	3	69	5	593
Hanh						
Merihanhi	0,00	0,00	1	95	5	1
Kanadanhanhi	0,00	0,14	4	82	5	304
Valkoposkihanhi	0,00	2,73	86	51	5	5 794
Puolisukeltajat						
Sinisorsa	0,00	0,18	4	80	5	386
Haapana	0,00	0,04	3	91	5	99
Harmaasorsa	0,00	0,00	2	94	5	13
Lapasorsa	0,00	0,02	2	93	5	34
Kokosukeltajat						
Tukkasotka	0,00	1,02	20	65	5	2 160
Haahka	2	7,94	120	29	5	16 845
Tukkakoskelo	0,00	0,05	3	90	5	104
Isokoskelo	0,00	0,07	3	88	5	162
Pilkkasiipi	0,00	0,00	2	95	5	18
Telkkä	0,00	0,04	2	91	5	94
Sorsalinnut¹	6	12,46	131	14	5	26 319
Isot lokit	9	40,45	1131	38	5	17 794
Pienet loppilinnut	1	8,39	353	20	5	85 841
Varis	0,00	0,10	1	85	5	219

1 Heimotasolla tehty tarkastelu, joka sisältää kyhmyjoutsenen, kanadan- ja valkoposkihanhen, sinisorsan, haapanan, lapasorsan, tukkasotkan, haahkan, tukkakoskelon.

Merihanhen, harmaasorsan ja pilkkasiiven havaintojen määrät jäivät niin pieniksi, ettei niitä ollut mielekästä ottaa tarkasteluun mukaan (Taulukko 2). Heimotasolla tehtävää tarkastelua varten maassa pesivien sorsalintujen parimäärät laskettiin yhteen. Telkkää ja isokoskeloa ei laskettu heimotason tarkasteluun mukaan, koska ne pesivät tyypillisesti puunkolossa tai pöntössä. Tuloksia tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon, ettei haapanaa, lapasorsaa, tukkakoskeloa ja telkkää havaittu yli 90 % seurantakerroista.

Yhdyskuntapesimisen perusteella lokit jaettiin kahteen ryhmään (Taulukko 2). Naurulokki, pikkulokki ja kalalokki sekä kala- ja lapintiira pesivät tyypillisesti sekayhdyskunnissa ja muodostavat pienten loppilintujen ryhmän. Isoja yli sadan

lokkiparin muodostamia yhdyskuntia aineistossa on 24, joista suurimmat sijaitsevat Morsianluodolla sekä Norpan saarella. Norpan saarella pesii vuosittain lähes tuhat naurulokkia ja Morsianluodon yhdyskunnassa pesii vuosittain noin 400 pientä lокkilintua (Liite 1). Tyypillisemmin yksittäin pesivät meri-, harmaa- ja selkälokki muodostavat isojen lокkien ryhmän. Isojen lокkien muodostamia yli sadan parin yhdyskuntia oli vain kahdella saarella, joilla kolonian muodostaa yksinomaan harmaalokki. Toinen näistä saarista oli Matalahara, jossa pesi eniten myös sorsalintuja, erityisesti haahkoja ja valkoposkihanhia (Liite 1). Aineiston varislinnuista otettiin huomioon ainoastaan varis, joita havaittiin tutkimusjakson aikana 27 eri saarelta (Liite 1). Yhteensä tutkituilta saarilta havaittiin vuosien 1995 ja 2013 välillä 54 pesivää lintulajia.

3.3.2 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen tarkastelu ja mallien muodostaminen tehtiin R 3.0.2 -ohjelmistolla (R Core Team 2018). Ennen varsinaisen mallin tekemistä aineistoa tarkasteltiin Zuur ym. (2009) ohjeiden mukaisesti. Tarkastelussa selvitettiin muuttujien jakauma ja muuttujien välinen korrelaatio sekä etsittiin poikkeavia havaintoja. Kollineaarisuuden välttämiseksi muuttujien välisen korrelaation raja-arvona on $-0,6 > r < 0,6$ (Pearsonin korrelaatiokerroin).

Huolimatta aineiston nollapainotteisuudesta valikoitui järkevimmäksi jakaumaoletukseksi negatiivinen binomijakauma, joka sallii ylihajonnan ja toimii epälineaarisen aineiston kanssa (Venables ja Ripley 2002). Vastaavaa jakaumaoletusta Yrjölä ym. (2017) käyttivät valkoposkihanhitutkimuksessa, joka toteutettiin samaa aineistoa hyödyntäen kuin tässä tutkimuksessa. Varianssianalyysia varten vesilintujen pesimisympäristön valintaan vaikuttavien tekijöiden mallinnukseen käytettiin lme4 -paketin glmer.nb -funktioita, joka sovittaa aineistoon yleistetyn lineaarisen sekamallin binomisella virhejakaumalla (Venables ja Ripley 2002). Malli käyttää suurimman uskottavuuden -menetelmää (maximum likelihood) estimaattien määrittämiseen.

Selitettävälle tekijälle eli pesivien sorsalintujen määrälle valittiin sellaisia testattavia tekijöitä, joilla arveltiin aikaisempien tutkimusten perusteella olevan yhteys selitettävään tekijään (Taulukko 3, Taulukko 2). Selittävät tekijät voidaan jakaa bioottisiin (pienet lокkilinnut, isot lokit ja varis) ja ympäristöllisiin (pinta-ala ja etäisyys). Tekijät ovat

jatkuvia muuttujia, jolloin ne pystytään sovittamaan yleistettyyn lineaariseen malliin (Bolker ym. 2009). Jäännösvirheen painottuneisuuden takia pienille ja isoille lokeille oli mielekästä tehdä logaritmi-muunnos. Vastaava toimenpide tehtiin myös etäisyys - muuttujalle. Petolinnun eli variksen läsnäolo otettiin malliin mukaan 0-1 muotoisena tekumuuttujana (dummy variable), sillä yksittäisellä saarella territoriaalisia variksia ei pesinyt yhtä paria enempää. Vuosi -muuttuja sisältää arvot 1995–2013, jotka muunnettiin arvoihin 1–19. Myös saari -muuttuja muunnettiin luokka-arvoihin (1..., 118). Yhdessä nämä kaksi edellä mainittua muuttujaa muodostavat mallin satunnaiset (random) tekijät.

Taulukko 3. Vesilintujen pesintää mallinnettavien muuttujien yksiköt ja selitteet.

Muuttuja	Yksikkö	Selite
Pienet lokiinnut	N	Pesivien kala- ja naurulokkien sekä tiirojen parimäärä
Isot lokit	N	Pesivien meri-, selkä- ja harmaalokkien parimäärä
Varis	0 / 1	Variksen pesintä alueella
Pinta-ala	ha	Saaren pinta-ala
Etäisyys	m	Etäisyys lähimpään maa-alueeseen
Satunnaiset tekijät:		
Saari	N	Tutkimusalue
Vuosi	N	Tutkimusvuosi

Jokaiselle lintulajille ja lajiryhmälle muodostettiin ensin yleismalli, jossa oli kaikki tutkittavat tekijät mukana. Yleismallista karsittiin yksitellen niitä muuttujia pois, joilla ei ollut tilastollista merkitystä ($p > 0,05$). Malleista tarkasteltiin varianssianalyysillä Akaiken informaatio kriteeriä (AIC), jonka perusteella paras malli valikoitui (Johnson ja Omland 2004). Mallin selittävyys paranee, mitä suurempi erotus parhaimman selittävän mallin ja yleismallin Akaiken arvojen välillä on. Raja-arvoa yleismallin ja parhaimman selittävän mallin välillä pidettiin Burnhamin ja Andersonin (2002) ohjeiden mukaisesti $\Delta AIC > 2$. Tilanteet, joissa $\Delta AIC < 2$, tulee kiinnittää erityistä huomiota mallin valintaan. Kun $\Delta AIC > 10$ voidaan olettaa, että mallien välillä on selkeä ero (Burnham ja Anderson 2002).

Tarkasteluun käytetty malli:

$$Y_{ij} = \alpha + \beta_A \log(A_i) + \beta_D \log(D_i) + \beta_T T_i + \beta_y K_i + \beta_f \log(F_i) + Z_{ij} a_{ij} + X_{ij} a_{ij} + \epsilon_{ij}, \text{Negbin}(r, \pi_{ij}) \quad (1)$$

jossa parimäärää vuonna j saarella i pyritään selittämään tutkittavilla muuttujilla. Leikkauspiste (intercept) on α , ja muuttujan, pienten lokkilintujen (A), isojen lokkien (D), variksen (T), pinta-alan (K) ja etäisyyden (F) kerrointa (coefficient) kuvaa alaindeksillinen β . Satunnaista (random) vaikutusta kuvaavat $Z_{ij} a_{ij}$ sekä $X_{ij} a_{ij}$, ja mallin jäännösvirhettä eli residuaalia kuvaa ϵ_{ij} .

4 TULOKSET

4.1 Mallien yleistarkastelu

Yhdelläkään tarkastelluista lajeista paras selittävin malli ei eronnut paljoa yleismallista Y_{ij} Akaiken-arvon perusteella (Taulukko 4). Tämä viittaa siihen, että sopivimman mallin valintaan liittyy epävarmuutta (Burnham ja Anderson 2002). Kaikilla malleilla $\Delta AIC \leq 10$ eli yleismallin ja sopivimman mallin välillä oli selkeä yhteys. Useassa mallissa on mukana myös muuttujia, jotka eivät saavuttaneet tilastollisen merkittävyyden rajaa ($p > 0,05$).

Taulukko 4. Sorsalintujen parimäärää parhaiten selittävä malli 1993–2013 Helsingin saaristossa lajeittain ja heimotasolla. ΔAIC on Akaiken informaatiokriteerin perusteella laskettu ero parhaimman selittävän mallin ja yleismallin välillä $AIC_i - AIC_{\min}$. Parhaimmasta selittävästä mallista on esitetty estimaatti, keskivirhe ja tilastollinen merkitsevyys, $\Pr(>|z|)$.

Muuttuja	ΔAIC	Estimaatti	Keskivirhe	$\Pr(> z)$
Sorsalinnut (Anatidae) ¹	1,72			
(Intercept)		0,672	0,159	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,163	0,015	< 0,001
Isot lokit		0,154	0,025	< 0,001
Varis		0,278	0,065	< 0,001
Pinta-ala		0,775	0,164	< 0,001

Muuttuja	ΔAIC	Estimaatti	Keskivirhe	$Pr(> z)$
Kyhmyjoutsen (<i>Cygnus olor</i>) **	6,04			
(Intercept)		-1,943	0,163	< 0,001
Varis		0,275	0,207	0,184
Kanadanhanhi (<i>Branta canadensis</i>) *	4,77			
(Intercept)		-5,343	0,332	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,282	0,065	< 0,001
Valkoposkihanhi (<i>B. leucopsis</i>) *	1,80			
(Intercept)		-1,933	0,374	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,141	0,030	< 0,001
Isot lokit		0,237	0,044	< 0,001
Varis		0,313	0,101	< 0,005
Pinta-ala		0,818	0,243	< 0,001
Haapana (<i>Mareca penelope</i>) *	1,78			
(Intercept)		-6,897	0,693	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,577	0,088	< 0,001
Varis		0,811	0,340	< 0,05
Etäisyys lähimpään saareen		0,238	0,115	< 0,05
Pinta-ala		0,300	0,188	0,110
Sinisorsa (<i>Anas platyrhynchos</i>) *	1,92			
(Intercept)		-3,690	0,245	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,357	0,058	< 0,001
Isot lokit		0,202	0,008	< 0,05
Varis		0,433	0,217	< 0,05
Pinta-ala		0,309	0,174	0,076
Lapasorsa (<i>Spatula clypeata</i>) *	5,25			
(Intercept)		-9,408	1,111	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,715	0,206	< 0,001
Pinta-ala		1,152	0,447	< 0,05
Tukkasotka (<i>Aythya fuligula</i>) **	5,25			
(Intercept)		-2,012	0,548	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,693	0,048	< 0,001
Etäisyys lähimpään saareen		-0,181	0,116	0,112
Pinta-ala		-0,474	0,211	< 0,05
Haahka (<i>Somateria mollissima</i>)	1,67			
(Intercept)		-0,483	0,222	< 0,05
Pienet lokkilinnut		0,125	0,018	< 0,001
Isot lokit		0,213	0,029	< 0,001
Varis		0,252	0,073	< 0,001
Pinta-ala		1,104	0,234	< 0,001
Tukkakoskelo (<i>Mergus serrator</i>) *	4,60			
(Intercept)		-5,808	0,485	< 0,001
Pienet lokkilinnut		0,493	0,101	< 0,001
Pinta-ala		0,570	0,247	< 0,05

Muuttuja	ΔAIC	Estimaatti	Keskivirhe	$Pr(> z)$
Telkkä (<i>Bucephala clangula</i>) ^{2*}	6,62			
(Intercept)		-9,304	0,709	< 0,001
Isot lokit		-0,515	0,291	0,077
Isokoskelo (<i>Mergus merganser</i>) ^{2*}	4,94			
(Intercept)		-7,743	0,865	< 0,001
Varis		0,523	0,314	0,095
Pinta-ala		1,257	0,592	< 0,05

1 Heimotasolla tehty tarkastelu, joka sisältää 9 lajia.

2 Heimotason tarkastelun ulkopuolelle jääneet lajit.

* Mallin iterointiraja ylittyi

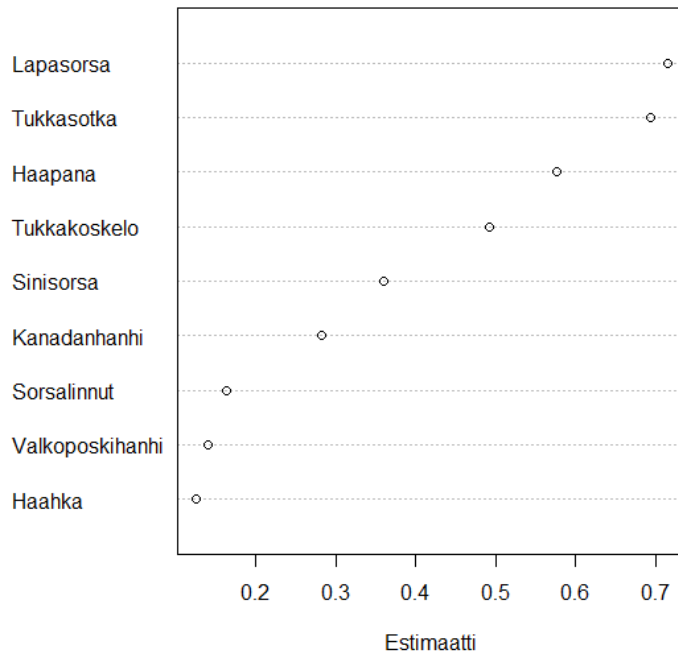
** Mallin ominaisarvo huomattavan suuri

Akaiken informaatiokriteerin perusteella valitut parhaimmat selittävät mallit eivät olleet yhteneväiset kaikkien lajien välillä (Taulukko 4). Yleismallin ja parhaimman selittävän mallin erot olivat pieniä ($\Delta AIC < 2$) heimotasolla sekä valkoposkikan, haapanan, sinisorsan ja haahkan kohdalla. Yleismalli selitti huonoiten telkän ja kyhmyjoutsenen pesintää. Yhdelläkään lajilla yleismalli ei jäänyt voimaan.

Jakauma- tai funktiovalinnassa on epävarmuutta, sillä R -ohjelmisto huomauttaa analyysin tehtyään tuloksesta usealla lajimallilla, mutta ei haahalla ja heimotasolla (Taulukko 4). Iterointiraja (iteration limit reached) ylittyy usealla lajilla, mikä viittaa sekamallin sopimattomuuteen kyseisellä aineistolla. Kyhmyjoutsenella ja tukkasotkalla mallin ominaisarvo on liian suuri (very large eigenvalue), mikä viittaa muuttujien skaalausvirheeseen. Nämä virheilmoitukset eivät estä ohjelmistoa tuottamasta malleja kyseisille lajeille, mutta virheilmoitukset tulee huomioda tulosten tarkastelussa.

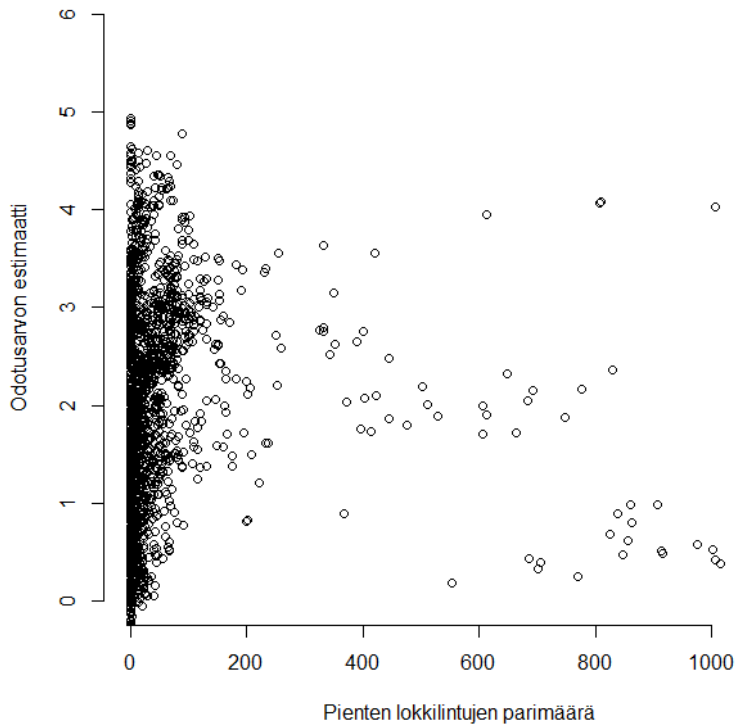
4.2 Sorsalintujen pesintää selittävät tekijät

Yhteistä malleissa ovat mukana olevien tilastollisesti merkittävien tekijöiden pienet estimaatit sekä niiden pieni vaihtelu ($-0.474 < k < 1.257$, Taulukko 4). Estimaateista voi kuitenkin tulkita, vaikuttaako muuttuja positiivisesti vai negatiivisesti selitettävään tekijään. Esimerkiksi niillä lajeilla, joilla pienet lokkilinnut oli mielekästä jättää malliin mukaan, pienten lokkilintujen estimaatti on positiivinen ($0,125 < k < 0,715$, Kuva 2).



Kuva 2. Pienten loppilintujen suurimman uskottavuuden estimaatit laji- sekä heimotasolla.

Heimotasolla tehty tarkastelu osoittaa, että pienillä loppilinnuilla on positiivinen yhteys sorsalintujen pesimisympäristön valintaan mallin perusteella ($k=0,672$; $p < 0,001$, Kuva 2). Myös isot lokit, varis, pinta-ala ja vuosi olivat mukana mallissa tilastollisesti merkitsevinä tekijöinä ($p < 0,05$). Näiden tekijöiden yhteys pesimisympäristön valintaan oli myös positiivinen. Lähimmän saaren etäisyys oli mielekästä jättää mallin ulkopuolelle. Näiden tekijöiden avulla lasketut odotusarvon estimaatit kuvaavat tekijöiden vaikutusta sorsalintujen parimäärään suhteessa pieniin loppilintuihin (Kuva 3). Kun kaikki havaintokerrat otetaan huomioon, on odotusarvojen keskiarvo 1,7. Tämä kuvaa tutkittujen tekijöiden positiivista vaikutusta pesivien sorsalintujen määrään. Muista malleista heimotason malli eroaa siten, että leikkauspiste ja odotusarvon keskiarvo ovat positiivisia (Taulukko 4). Lajikohtaisissa malleissa nolapisteen leikkauspiste on negatiivinen, mikä on seurausta parimäärien pienestä keskiarvosta.



Kuva 3. Heimotason mallista muodostetut odotusarvon, μ estimaatit jokaiselle havaintokerralle suhteessa pienten lokkilintujen parimäärään. Odotusarvon estimaatti kuvaa sorsalintujen parimäärää.

Alueella runsaslukuisella haahkalla on suurin vaikutus heimotason tarkastelussa, mikä näkyy myös mallien yhteneväisyydessä. Muiden kokosukeltajien malleissa on enemmän hajontaa. Tukkasotkan mallissa on havaittavissa pienten lokkilintujen positiivinen yhteys selvimmin. Pinta-ala sekä etäisyys vaikuttivat negatiivisesti pesivien tukkasotkien pesimisympäristön valintaan. Tukkakoskelon mallissa tilastollisesti merkittävistä tekijöistä pienet lokkilinnut ja pinta-ala vaikuttavat positiivisesti odotusarvoon. Puolisukeltajista lapasorsan malli poikkeaa eniten yleismallista. Malliin jäivät ainoastaan pienet lokkilinnut ja pinta-ala. Haapanan ja sinisorsan malleihin oli mielekästä jättää enemmän selittäviä tekijöitä. Haapanan mallissa mukana ovat pienet lokkilinnut, varis, pinta-ala ja etäisyys. Sinisorsalla mallin muodostavat pienet ja isot lokkilinnut, varis sekä pinta-ala, joista pinta-ala ei ole kuitenkaan tilastollisesti merkittävä tekijä.

Harvalukuisempien kyhmyjoutsenen ja kanadanhanhen malliin oli mielekästä jättää ainoastaan yksi tekijä. Kanadanhanhen pesintää selitti parhaiten pienet lokkilinnut. Kyhmyjoutsenen mallissa on mukana varis, mutta se ei ollut mallissa tilastollisesti merkittävänä tekijänä. Tämä kertoo mallin epävarmuudesta. Myös heimotason mallin tarkastelun ulkopuolelle jääneiden telkän ja isokoskelon malleissa on epävarmuutta.

Kummatkin mallit sisältävät tilastollisesti merkityksettömiä tekijöitä. Telkän parimäärää saarilla selittää parhaiten isot lokit ja isokoskelon pesintää varis sekä pinta-ala.

5 TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Lokkien vaikutus sorsalintujen pesintään

5.1.1 Sorsalintujen pesintä yhdyskunnissa

Tässä tutkimuksessa hyödynnetty vesi- ja sorsalintuaineisto antaa ainutlaatuisen mahdollisuuden vuorovaikutusten monipuoliseen tutkimukseen. Yli sadan saaren ja luodon aineisto sisältää huomattavaa vaihtelua lokki- ja sorsalintujen määrissä yksittäisillä saarilla, mikä teki siitä tähän tutkimukseen hyvin soveltuvan. Aineistosta muodostetun heimotason mallin tulokset ovat osittain aikaisempien tutkimusten ja hypoteesien mukaisia. Tämä tutkimus poikkeaa useimmista aikaisemmista tutkimuksista siinä, että käytettävissä oli lähes 20 vuoden aineisto. Tulokset kertovat pitkäaikaisista lajien välisistä suhteista eivätkä ole niin riippuvaisia lyhytaikaisista ympäristönmuutoksista. Kuitenkin on huomioitava, että mallien estimaattiarvot ovat pieniä, mutta luku kertoo, onko tekijän vaikutus positiivinen vai negatiivinen.

Tämän tutkimuksen hypoteesi oli, että pienet ja isot lokkilinnut vaikuttavat positiivisesti pesivien sorsalintujen pesimisympäristön valintaan eli lokkilintujen muodostaman yhdyskunnan koon kasvaessa voidaan olettaa saarella pesivien sorsalintujen määrän kasvavan. Saadut tulokset tukevat edellä mainittua hypoteesia. Mallien perusteella pienillä lokeilla selvin yhteys on lapasorsan ja tukkasotkan pesien määrään. Tukkasotkan ja pienten lokkilintujen välinen suhde oli odotettu aikaisempien tutkimusten perusteella (mm. Götmark 1989, Väänänen 2000, Väänänen ym. 2016). Eniten tukkasotkia pesi niillä saarilla, joilla pesi myös lokkiyhdyskunta. Vastaavanlainen tulos saatiin haahkalle, josta löytyy useita vertailukelpoisia tutkimuksia (mm. Bourget 1973, Götmark ja Åhlund 1986, Kurvinen ym. 2016). Pratte ym. (2016) esittävät, että haahkalla ja lokeilla on samanlaiset vaatimukset ympäristönsä suhteen. Tästä tutkimuksesta ei kuitenkaan saatu tukea tälle

väitteelle, sillä ympäristötekijöistä tarkasteltiin ainoastaan lähimmän saaren etäisyyttä ja pinta-alaa.

Puolisukeltajista lokeilla oli suurin vaikutus lapasorsan pesimissaaren valinnassa. Sen ja lokkiyhdyskuntien välisestä suhteesta ei ole juurikaan aikaisempia tutkimuksia. Pöysän ym. (2019) havaintojen mukaan lapasorsan ja lokkiyhdyskuntien välillä on heikko positiivinen suhde. Tässä tutkimuksessa lapasorsa osoitti muita lajeja selkeämmin hakeutuvan pesimään yhdyskuntien läheisyyteen. Tutkimusalueen alhaisen lapasorsakannan takia tulosta tulee käsitellä varauksella. Niitä pesi alueella koko tutkimusjakson aikana enintään kaksi paria yhdellä saarella. Myös tutkimusalueella harvalukuinen haapana ja runsaampi sinisorsa tavattiin pesimässä enemmän lokkiyhdyskuntasaarella kuin muilla saarilla.

Puolisukeltajasorsien hakeutumisesta pesimään lokkiyhdyskuntasaarille ei tue aikaisempia tutkimuksia. Väänänen ym. (2016) tutkimuksessa puolisukeltajasorsien pesät sijaitsivat vain satunnaisesti lokkiyhdyskunnissa, kun tässä tutkimuksessa lähes kaikki lajit pesivät runsaampina loksisaarilla kuin muualla. Ero tulosten välillä voi selittyä sillä, että tutkimusalueet sijaitsivat kasvillisuudeltaan hyvin erilaisilla alueilla. Väänänen ym. (2016) tutkimuksessa tarkasteltiin rehevien järvien lajistoa, kun taas tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kasvillisuudeltaan selkeästi niukempia pesimisympäristöjä.

Sisämaan rehevillä järvillä ja kosteikoilla sorsat voivat valita vaikeasti havaittavissa olevan pesäpaikan kosteikoilta, pelloilta tai metsistä, kun taas merialueen saaret ovat usein kallioisia ja matalakasvustoisia, jolloin pesät ovat herkemmin näkyvillä. Tällöin sorsien kannattaa hyödyntää lokkiyhdyskuntien tarjoamaa suojaa. Lisäksi turvallinen lokkiyhdyskuntasaari on helposti valittavissa lukuisista potentiaalisista saarista. Rehevissä kosteikkoympäristöissä puolisukeltajasorsat siirtyvät pesimisvaiheen jälkeen eli poikuevaiheessa lokkiyhdyskuntien puolustusalueelle (Väänänen ym. 2016).

Koskeloiden ja isompien lintujen, kuten hanhien ja joutsenien suhteesta lokkiyhdyskuntiin on vähän julkaistua tietoa. Valkoposkihanhesta ja kanadanhanhesta ei ole käytettävissä lainkaan aikaisempia tutkimuksia, joihin tämän tutkimuksen tuloksia voitaisiin verrata. Tiheästi pesivien hanhien tiedetään kuitenkin pystyvän puolustamaan pesiään pedoilta (Bêty ym. 2001), mikä viittaisi siihen, että lokkiyhdyskunnan tarjoama

suoja ei ole välttämätön. Tässä tutkimuksessa kanadanhanhi ja valkoposkihanhi osoittivat taipumusta pesiä lokkiyhdyskunnissa. Hanhien voidaan olettaa muiden sorsalintujen tapaan hyödyntävän lокkien tarjoamaa suojaa, vaikka hanhet pesisivät tiiviisti. Lокkilintujen ja hanhien pesimäalueita voi yhdistää myös samanlaiset elinympäristövaatimukset.

Hanhia isomman joutsenen ei ole havaittu hakeutuvan lokkiyhdyskuntiin pesimään (mm. von Numers 1995, Väänänen ym. 2016). Kyhmyjoutsenen mallista käy ilmi, että tämä tutkimus tukee aikaisempia tutkimuksia. Isokokoisena lintuna kyhmyjoutsen pystyy puolustamaan pesäänsä pesärosvoilta, kuten myös Nordström ym. (2002) toteavat ja heidän tuloksensa tukee edellä todettua väitettä. Petopoistokokeiden ei ole havaittu vaikuttavan joutsenen pesintään.

Koskeloista tutkimuksessa mukana oli kaksi lajia: tukka- ja isokoskelo, joista tukkakoskelon on todettu aiemmin havaittu hakeutuvan ennemmin tiira- kuin lokkiyhdyskuntiin pesimään (Young and Titman 1986). Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuitenkin pienten lокkilintujen muodostamia sekayhdyskuntia, joiden läheisyydessä tukkakoskelo mielellään pesii tämän tutkimuksen perusteella. Isokoskelo ja telkkä kolopesijöinä eivät osoittaneet mieltymystä lokkiyhdyskuntiin, kuten aikaisemmissa tutkimuksissakin on todettu (mm. von Numers 1995, Väänänen ym. 2019). Isokoskelon ja telkän pesät eivät normaalisti ole näkyvillä eivätkä siten ole niin alttiita pesärosvoukselle. Tutkimuksessa tarkastelluista tekijöistä mikään ei selittänyt telkän pesintää. Telkkä on osittain riippuvainen ihmisen rakentamista pöntöistä, joiden sijainnin voi olettaa suoraan vaikuttavan telkän pesimisympäristön valintaan.

Pienten lокkilintujen vaikutus maassa pesivien lintujen pesimissaaren valintaan oli tämän tutkimuksen perusteella selvä. Sen sijaan isojen lокkien vaikutuksessa oli enemmän vaihtelua. Aikaisemmissa tutkimuksissa meri-, selkä- ja harmaalokki ovat luokiteltu sekä pesärosvoiksi että suojaa tarjoaviksi lajeiksi (Hildén ja Hario 1993). Tästä tutkimuksesta saatujen tulosten perusteella isojen lокkien läheisyydessä pesivät valkoposkihanhi, sinisorsa ja haahka. Tämä ei poista sitä mahdollisuutta, että isot lokit hyödyntäisivät munia tai poikasia ravintonaan. Voidaan kuitenkin päätellä, että isojen lокkien tarjoama suojaa on sorsalinnuille tärkeämpi kuin riski perärosvouksesta. Myös Hildén ja Hario (1993) ovat havainneet tämän.

Tutkimusalueen tihein lokkiyhdyskunta sijaitsee Matalaharalla, jossa pesii myös tihein haahkapopulaatio. Lokkiyhdyskunnan muodostavat harmaalokit, joiden tiedetään käyttävän sorsien munia ravinnokseen merilokkia harvemmin (mm. Bourget 1973, Götmark 1984b). Tämä selittää myös Matalaharan lintulajistoa. Suurin naurulokkiyhdyskunta sijaitsee suojellulla Norpan saarella. Saarella pesii lokkien kanssa vain satunnaisesti sorsalintuja, mikä poikkeaa mallinnuksen antamista tuloksista. Pienikokoiselta ja kallioiselta saarelta ei välttämättä löydy vapaita pesimisympäristöjä sorsalinnuille tiheän lokkiyhdyskunnan takia. Toisin kuin lokit sorsat eivät rakenna varsinaista pesää, vaan pesä on usein vaatimaton kuoppa, johon sorsaemo hamuaa heinää ja kariketta kuopan ympäriltä. Kallioisilta saarilta ei välttämättä löydy riittävästi vapaita maapohjaisia laikkuja sorsille pesintään. Lokit sen sijaan voivat kantaa pesäaineiksensa lähisaarista tai rannikolta.

5.1.2 Yhdyskuntien positiivisen vaikutuksen syyt

Tutkimusalueen sorsalinnuista moni osoitti mieltymystä lokkiyhdyskunnissa pesimiseen. Useat aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että sorsalintujen pesätappiot ovat lokkiyhdyskunnissa pienemmät verrattuna yhdyskunnan ulkopuolella pesimiseen (mm. Väänänen 2000). Saaristossa linnunmunia, poikasia ja aikuisia saalistavat muun muassa minkki, supikoira, varis sekä isot lokkilinnut (mm. Kilpi 1995, Nordström ym. 2002, Haapalainen ym. 2017, Dahl ja Åhlen 2018). Myös viimeisten vuosikymmenen aikana runsastunut merikotka saalistaa vesilintuja (mm. Stjernberg ym. 2013, Kurvinen ym. 2016, Kilpi ym. 2018). Lokkiyhdyskuntien tarjoaman suojan voidaan olettaa selittävän tämän tutkimusten tuloksia. Tutkimusalueella pesii lapintiiroja, kalatiiroja, naurulokkeja ja kalalokkeja, joiden tiedetään puolustavan pesimisympäristöön tehokkaasti (mm. Kilpi 1995).

Sorsalintujen hakeutuminen lokkiyhdyskuntien läheisyyteen voi tarkoittaa myös kasvillisuudeltaan turvallista ympäristöä, jota myös lokit hyödyntävät. Peitteisten pesien voi olettaa jäävän herkemmin petolinnuilta havaitsematta, kuten sekä Crabtree ym. (1989) että Opermanis (2004) toteavat. Peitteisyys suojaa pesää myös maapedoilta, mutta ei yhtä tehokkaasti kuin petolinnuilta (Kreisinger ja Albrecht 2008). Siten peitteinen kasvillisuus ei juurikaan lisää turvaa maapedoilta eivätkä kaikki lajit hakeudu pesimään reheville

saarille. Esimerkiksi haahka viihtyy paremmin avoimilla saarilla (Ekroos ym. 2012, Kurvinen ym. 2016). Pesimis- ja elinympäristön valintaan liittyy myös vahvasti sopivan ravinnon saatavuus, mitä ei otettu tässä tutkimuksessa huomioon. Haahkojen levinneisyysalueen tiedetään olevan pitkälti yhteneväinen sinisimpukan (*Mytilus trossulus*) levinneisyyden kanssa, sillä sinisimpukka on haahkan ainoita ravintolähteitä Itämerellä (Öst ja Kilpi 1998). Monella sorsalajilla poikueet ovat riippuvaisia sopivasta proteiinipitoisesta ruuasta ensimmäisten elinvuokkojensa aikana (mm. Johnson 1971, Cox ym. 1998, Dessborn ym. 2011). Esimerkiksi selkärangattomien määrän tiedetään vaikuttavan telkän pesintään (Nummi ja Pöysä 1995). Proteiinipitoiset selkärangatto mat kuuluvat myös monen muun sorsan (Nummi ja Väänänen 2001) sekä lokkilintujen (Götmark 1984b) ravintoon, jolloin selkärangattomien määrän voidaan olettaa vaikuttavan pesimisympäristön valintaan.

5.2 Variksen vaikutus sorsalintujen habitaatin valintaan

Aikaisemmat tutkimukset osoittavat variksen hyödyntävän maassa pesivien vesilintujen (mm. Hill 1984, Väänänen 2000) että muiden lintujen (mm. Götmark ja Andersson 1984, Krüger ym. 2018) munia ravintonaan. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin, sääteleekö variksen läsnäolo pesivien sorsalintujen pesimäympäristön valintaa. Niillä lajeilla, joilla varismuuttuja oli mallissa tilastollisesti merkittävänä tekijänä, oli vaikutus positiivinen. Variksen ja sorsalintujen yhteiselo voidaan selittää sillä, että molemmat lajit pyrkivät samoille pesimisympäristöille. Tulokset viittaavat siihen, että varis pesärosvona ei ole niin suuri riskitekijä lokkiyhdyksunnassa, että sorsalintujen kannattaisi luopua suojaisesta pesäpaikasta, vaikka useissa tutkimuksissa variksen on todettu ryöväävän sorsalintujen pesiä (mm. Götmark ja Åhlund 1986). Huolimatta pesiin kohdistuvasta predaatiosta, Stien ym. (2010) havaitsivat, ettei varis välttämättä ole merkittävä pesärosvo, sillä varisten poistot eivät muuttaneet haahkojen pesintämenestystä. Samassa tutkimuksessa havaittiin myös, että varhaisimmat haahkan pesinnät epäonnistuvat myöhäisempiä pesintöjä todennäköisemmin. Tässä tutkimuksessa mukana olleet lajit pesivät eri aikaan, mutta variksen vaikutus oli positiivinen kaikilla lajeilla, joilla varis oli mallissa mukana tilastollisesti merkittävänä tekijänä.

Tulos voi olla seurausta myös siitä, että varikset pesivät pinta-alaltaan suurimmilla saarilla (Liite 1), joilta löytyy runsaasti myös sorsalinnuille sopivia habitaatteja. Varis voi

pesiä sorsalinnuille suojaosan lokkiyhdyskunnan ulkopuolella, vaikka pesiikin samalla saarella. Variksen ryöväessä pesiä, sen saalistus kohdistuu yleensä yhteen munaan eikä koko pesälliseen. Jos alueella olisi pesinyt variksia runsaammin ja saalistus olisi painottunut tietyille alueille, sorsalintujen kannattaisi välttää tehokkaammin variksen läheisyydessä pesimistä. Tässä tutkimuksessa kuitenkin pesivien varisten lukumäärä ei ylittänyt yhtä yhdelläkään tutkimusalueen saarista, joten varis huomioitiin faktorimuuttujana.

Nämä yksittäiset varisparit hakeutuvat usein loppikolonioiden läheisille saarille Haapasen ym. (2017) havaintojen perusteella. Jos varikset saalistavat viereisillä saarilla, sorsalintujen ei kannata käyttää resursseja variksen aiheuttaman saalistuspaineen välttelyyn. Lisäksi generalistiselle varikselle on runsaasti muutakin ravintoa tarjolla ihmisen toimesta: kalastajien jättämät kalanperkeet rannoilla tai kaupunkiympäristöjen ruokailumahdollisuudet. Tutkimusalueella viimeisten vuosikymmenten aikana runsastunut minkki aiheuttaa todennäköisesti suuremmat pesätappiot kuin varis, kuten myös Haapanen ym. (2017) esittävät.

5.2 Etäisyyden ja pinta-alan vaikutus

Etäisyys lähimpään saareen tai mantereeseen odotettiin olevan negatiivinen tekijä sorsalinnuille. Tämän tutkimuksen perusteella etäisyys vaikutti ainoastaan haapanan pesimisympäristön valintaan, mutta ei hypoteesin mukaisesti vaan positiivisesti. Tämä saattaa selittyä sillä, että etäisyys laskettiin mistä tahansa maa-alueesta. Esimerkiksi Hartman ym. (2016) tarkastelivat, miten saaren etäisyys mantereesta vaikuttaa vesilintujen pesinnän onnistumiseen. Lähellä manteretta sijaitsevien vesilintujen pesät tuhoutuivat todennäköisemmin kuin kauempana sijaitsevat. Heinänen ym. (2012) käytti muuttujana etäisyyttä lähimpään metsään. He havaitsivat, että etäisyys metsään vaikuttaa negatiivisesti haahkojen pesintään. Puuston korkeuden vaikutusta pesinnän onnistumiseen tarkastelivat Kurvinen ym. (2016). Heidän tuloksissa yhteys oli negatiivinen. Tarkastelussa oli myös se, miten etäisyys lähimpään saareen vaikuttaa pesinnän onnistumiseen. Etäisyys vaikutti positiivisesti vuoden 1998 tarkastelussa, mutta noin kymmenen vuotta myöhemmin negatiivisesti. Tutkimuksessa esitetään tämän olevan seurausta sisäsaariston taantuneesta haahkakannasta. Tässä tutkimuksessa etäisyys ei vaikuttanut pesivien sorsalintujen määrään lukuun ottamatta haapanaa.

Hypoteesin mukaisesti malleissa pinta-alalla oli useimmiten positiivinen estimaatti eli saaren pinta-alan kasvaessa pesivien sorsaparien määrä kasvaa. Saaristoalueille sijoittuvissa Kurvisen ym. (2016) ja Yrjölän ym. (2017) tutkimuksissa pinta-ala on vaikuttanut positiivisesti saaristossa tutkittujen lajien pesimäympäristön valintaan. Tässä tutkimuksessa poikkeuksena oli tukkasotka, jolla pesinnät painottuivat pienemmille saarille. Esimerkiksi pienellä 0,09 hehtaarin kokoisella Onkiluodolla pesi aineiston tihein tukkasotkakanta.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus osoitti, että pienten lokkilintujen vaikutus sorsalintujen pesimäympäristön valintaan näkyy positiivisesti kanadanhanhella, valkoposkianhella, haapanalla, sinisorsalla, lapasorsalla, tukkasotkalla, haahkalla sekä tukkakoskelolla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu erityisesti haahkan (Kurvinen ym. 2016) ja sotkien (Väänänen 2000) hakeutuvan lokkiyhdyskuntien läheisyyteen pesimään. Väänänen (2000) osoitti tutkimuksessaan, että tukka- ja punasotkan pesät tuhoutuvat herkemmin lokkiyhdyskuntien ulkopuolella kuin niiden sisällä. Täten voidaan todeta, että myös Helsingin edustan lokkiyhdyskunnat tarjoavat suojaa pesiville sorsalinnuille ja saattavat näin ollen vaikuttaa pesimäsaarten valintaan. Isokokoisella kyhmyjoutsenella sekä kolopesijöillä isokoskelolla ja telkällä pienten lokkilintujen positiivista vaikutusta ei havaittu. Mallinnuksen perusteella tutkitut tekijät eivät olleet sopivia selittämään kyhmyjoutsenen ja telkän pesimissaaren valintaa.

Pienten lokkilintujen lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin isojen lokkien, variksen, lähimmän saaren etäisyyden ja pinta-alan vaikutusta sorsalintujen parimääriin Helsingin saaristossa. Isojen lokkien positiivinen vaikutus oli odotettu, sillä harvoin yhdyskunnissa pesivät isot lokit puolustavat pesiään tarjoten samalla sorsalinnuille suojaisamman elinympäristön. Saaristossa usein tavattu varis ei aiheuta tämän tutkimuksen perusteella niin suuria pesävahinkoja, että sen läsnäolo vaikuttaisi negatiivisesti pesivien sorsalintujen lukumäärään. Sorsalintujen vaatimukset muiden tekijöiden suhteen saattavat olla samat kuin variksella, minkä takia ne pesivät samoilla saarilla.

Etäisyyden ja pinta-alan suhteen tuloksissa oli enemmän hajontaa. Aikaisemmin on havaittu, että lähimmän saaren etäisyydellä on vaikutusta esimerkiksi haahkan pesimäalueen valintaan (Kurvinen ym. 2016). Tässä tutkimuksessa vastaavaa tulosta ei havaittu. Ainoastaan haapanalla muuttuja oli tilastollisesti merkittävänä tekijänä mallissa mukana. Pinta-ala vaikutti positiivisesti useamman lajin pesimäympäristön valintaan, mikä tukee muun muassa MacArthurin ja Wilsonin (1967) saariteoriaa ja von Numersin (1995) tuloksia.

Tämä tutkimus antaa tukea sille päätelmälle, että lokkiyhdykunnat ovat tärkeä elinympäristötekijä sorsalinnuille. Lokit tuleekin huomioida osana ympäristön- ja luonnonsuojelua. Lokkiyhdykuntien merkitys on kirjattu Suomen lajien uhanalaisuusarvioon, jossa muutokset lajien välisissä suhteissa esitetään uhaksi tulevaisuudessa muun muassa sotkille (Tiainen ym. 2016). Lokkiyhdykuntien ympäristövaateet tulisikin huomioida osana linnustonsuojelua. Pesimäympäristöjen turvaaminen on noussut avainasemaan koko maailmanlaajuisesti tapahtuvan elinympäristöjen hupenemisen myötä. Suomen sisävesi- ja merialueet ovat ensisijaisia pesimäympäristöjä monelle vesilintulajille eli meidän tulee panostaa ympäristötekijöiden huomioimiseen maankäytön suunnittelussa.

KIITOKSET

Suuri kiitos ohjaajille – Sari Holopaisella ja Veli-Matti Väänäselle – arvokkaista neuvoista ja kommentteista graduprosessin aikana. Kiitokset Matti Luostarise lle, keräämäsi aineisto mahdollisti tämän gradun ja hatunnosto lukemattomista maastotyöpäivistä.

Lämmin kiitos koko perheelle ja erityisesti äidille tuesta koko opiskeluiden ajalta.

LÄHTEET

- Andersson, M. & Wiklund, C. G. 1978. Clumping versus spacing out: experiments on nest predation in fieldfares (*Turdus pilaris*). *Animal Behaviour* 26: 1207–1212.
- Andersson, M., Götmark, F. & Wiklund, C. 1981. Food information in the Black-headed Gull, *Larus ridibundus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 9(3): 199–202.
- Bêty, J., Gauthier, G., Giroux, J-F. & Korpimäki, E. 2001. Are goose nesting success and lemming cycles linked? Interplay between nest density and predators. *Oikos* 93: 388–400.
- Birdlife International. 2015. European Red List of Birds. Luxembourg. Office for Official Publications of the European Communities. ISBN 978-92-79-47450-7.
- Bolker, B., Brooks, M., Clark, C., Geange, S., Poulsen, J., Stevens, H. & White, J-S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 24(3): 127–135.
- Bourget, A. A. 1973. Relation of eiders and gulls nesting in mixed colonies in Penobscot Bay, Maine. *The Auk* 90: 809–820.
- Brown, C. R., Stutchbury, B. J. & Walsh P. D. 1990. Choice of Colony Size in Birds. *Trends in Ecology & Evolution* 5(12): 398–403.
- Brown, C. R., Brown, M. B. & Brazeal, K. R. 2008. Familiarity with breeding habitat improves daily survival in colonial cliff swallows. *Animal Behaviour* 76(4): 1201–1210.
- Bruno, J. F., Stachowicz, J. & Bertness, M. D. 2003. Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution* 18(3): 119–125.
- Burger, J. 1984. Grebes Nesting in Gull Colonies: Protective Associations and Early Warning. *The American Naturalist* 123(3): 327–337.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference. Toimien painos. Springer. New York. s. 514.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. E., Minorsky, P. V. & Jackson, R. B. 2008. Biology (8. painos). Pearson Cummings. San Fransisco. 1267. s. ISBN: 978-0-321-53616-7.
- Cox, R., Hanson, M., Roy, C., Euliss, N., Johnson, D. & Butler, M. 1998. Mallard Duckling Growth and Survival in Relation to Aquatic Invertebrates. *The Journal of Wildlife Management* 62(1): 124–133.

- Crabtree, R., Broome, L. & Wolfe, M. 1989. Effects of Habitat Characteristics on Gadwall Nest Predation and Nest-Site Selection. *The Journal of Wildlife Management* 53(1): 129–137.
- Craik, J. C. A. 2000. Breeding success of common gulls *Larus canus* in west Scotland II Comparisons between colonies. *Atlantic Seabirds* 2(1): 1–12.
- Dahl, F. & Åhlen, P.-A. 2018. Nest predation by raccoon dog *Nyctereutes procyonoides* in the archipelago of northern Sweden. *Biological Invasions* 2018.
- Dessborn, L., Brochet, A. L., Elmberg, J., Legagneux, P., Gauthier-Clerc, M. & Guillemain, M. 2011. Geographical and temporal patterns in the diet of pintail *Anas acuta*, wigeon *Anas penelope*, mallard *Anas platyrhynchos* and teal *Anas crecca* in the Western Palearctic. *European Journal of Wildlife Research* 57(6): 1119–1129.
- Dow, H. & Fredga, S. 1985. Selection of nest-sites by a hole-nesting duck, the Goldeneye *Bucephala clangula*. *Ibis* 127: 16–30.
- Dwernychuk, L. W. & Boag, D. A. 1972. Ducks nesting in association with gulls—an ecological trap?. *Can. J. Zool* 50: 559–563.
- Eason, P., Rabea, B. & Attum, O. 2012. Island shape, size, and isolation affect nest-site selection by Little Terns. *Journal of Field Ornithology* 83(4): 372–380.
- Ekroos, J., Öst, M., Karell, P., Jaatinen, K. & Kilpi, M. 2012. Philopatric predisposition to predation-induced ecological traps: habitat-dependent mortality of breeding eiders. *Oecologia* 170(4): 979–986.
- Ellis, J. C. & Good, T. P. 2006. Nest attributes, aggression, and breeding success of gulls in single and mixed species subcolonies. *The Condor* 108: 211–219.
- Eriksson, M. O. G. 1976. Food and feeding-habits of downy Goldeneye *Bucephala clangula* (L) ducklings. *Ornis Scandinavia* 7: 159–169.
- Ewins, P. J. 1991. Egg Predation by Corvids in Gull Colonies on Lake Huron. *Colonial waterbirds* 14 (2): 186–189.
- Fast, P. L. F., Clark, R. G., Brook, R. W. & Hines, J. E. 2004. Patterns of wetland use by brood-rearing lesser scaup in northern boreal forest of Canada. *Waterbirds* 27(2): 177–182.
- Fox, A. D., Jóhsson, J.E., Aarvak, T., Bregnballe, T., Christensen T.K., Pavón-Jordan, S., Laursen, K., Lehtikainen, A., Lorentsen, S.-A., Møller, A. P., Nordström, M., Öst, M., Söderquist, P. & Therkildsen, O. R. 2015. Current and potential threats to Nordic duck populations – a horizon scanning exercise. *Annales Zoologici Fennici* 52: 193–220.

- Gerell, R. 1985. Habitat Selection and Nest Predation in a Common Eider Population in Southern Sweden. *Ornis Scandinavica* 16: 129–139.
- Gunnarsson, G. & Elmberg, J. 2007. Density-dependent nest predation – an experiment with simulated Mallard nests in contrasting landscapes. *Ibis* 150: 259–269.
- Götmark, F. 1982. Coloniality in five *Larus* gulls: a comparative study. *Ornis Scandinavica* 13: 211–224.
- 1984a. Food and foraging in five European *Larus* gulls in the breeding season: a comparative review. *Ornis Fennica* 61: 9–18.
- 1984b. Food and foraging in five European *Larus* gulls in the breeding season: a comparative review. *Ornis Fennica* 61(1): 9–18.
- 1989. Costs and Benefits to Eiders Nesting in Gull Colonies: A Field Experiment. *Ornis Scandinavica* 20(4): 283–288.
- Götmark, F. & Andersson, M. 1984. Colonial breeding reduces nest predation in the common gull (*Larus canus*). *Animal Behaviour* 32(2): 485–492.
- Götmark, F. & Åhlund, M. 1986. Nest predation and nest site selection among Eiders *Somateria mollissima*: the influence of gulls. *Ibis* 130: 111–123.
- Haapanen, E., Halkka, A., Luostarinen, M., Pakarinen, R., Soukanto M., Tiainen, J., Tuoriniemi, S. & Yrjölä, R. 2017. Lukuja luodoilta – Helsingin saaristolinnut nyt ja ennen. Helsingin kaupungin ympäristökeskus ja Ympäristötutkimus Yrjölä Oy. Bookwell Oy, Porvoo. ISBN 978-952-93-8272-9.
- Hario, M. & Rintala, J. 2007. Haahkan ja lokkien kannankehitys rannikoilla 1986–2007. Julkaisussa: Linnut-vuosikirja 2007: 52–59.
- 2010. Saaristolintukantojen kehitys Suomessa 1986–2010. Julkaisussa: Linnut-vuosikirja 2010: 41–51.
- 2014. Saaristolintukantojen kehitys Suomessa 1986–2013. Julkaisussa: Linnut-vuosikirja 2013: 46–53.
- Hario, M. & Selin, K. 1989. Haahkopoikueiden menestymisestä ja lokkien aiheuttamista poikastappioista Suomenlahdella. *Suomen riista* 35: 17–25.
- Hartman, C. A., Ackerman, J. T. & Herzog, M. 2016. Island Characteristics Within Wetlands Influence Waterbird Nest Success and Abundance. *The Journal of Wildlife Management* 80(7): 1177–1188.
- Havlin, J. 1966. Breeding success of the Pochard and the Tufted Duck in Czechoslovakia. *Bird Study* 13(4): 306–310.

- Heinänen, S., Rönkä, M. & von Numers, M. 2008. Modelling the occurrence and abundance of colonial species, the arctic tern *Sterna paradisaea* in the archipelago of SW Finland. *Ecography* 31: 601–611.
- Heinänen, S., Erola, J. & von Numers, M. 2012. High resolution species distribution models of two nesting water bird species: a study of transferability and predictive performance. *Landscape Ecology* 27(4): 545–555.
- Hildén, O. 1964. Ulkosaaristo sorsien pesimäympäristönä. *Suomen riista* 17: 133–160.
- Hildén, O. & Hario, M. 1993. Muuttuva saaristolinnusto. Forssan Kirjapaino Oy. Forssa. ISBN 952-90-4525-5
- Hill, D. A. 1984. Factors affecting nest success in the Mallard and Tufted Duck. *Ornis Scandinavia* 15: 115–122.
- Hokkanen, T. 2012. Itäisen Suomenlahden saaristolinnuston pitkäaikaismuutokset – erityisesti vuosina 1992–2011. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Edita Prima Oy, Helsinki. ISBN 978-952-446-954-8.
- Holopainen, S., Arzel, C., Dessborn, L., Elmberg, J., Gunnarsson, G., Nummi, P., Pöysä, H. & Sjöberg, K. 2015. Habitat use in ducks breeding in boreal freshwater wetlands: a review. *European Journal of Wildlife Research* 61(3): 339–363.
- Holopainen, S., Miettinen, E., Väänänen, V-M. & Nummi, P. 2017. Sorsapesien viholliset. *Jahti-Jakt* 3/2017. Saatavissa: <http://digijahti.fi/lue/digi-jahti-32017/pes-rosvot-paljastuivat-suomen-sorsat-taantuvat-ja-erityisen>.
- Hötter, H. 2000. Intraspecific variation in size and density of Avocet colonies: effects of nest-distances on hatching and breeding success. *Journal of Avian Biology* 31: 387–398.
- Johnson, J. B. & Omland, K. S. 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution* 19: 101–108.
- Johnson, N. F. 1971. Effects of Levels of Dietary Protein on Wood Duck Growth. *The Journal of Wildlife Management* 35(4): 798–802.
- Kallioniemi, H., Väänänen, V-M., Nummi, P. & Virtanen, J. 2015. Bird quality, origin and predation level affect survival and reproduction of translocated Common Pheasants *Phasianus colchicus*. *Wildlife Biology* 21: 269–276. DOI: 10.2981/wlb.00052
- Kharitonov, S. P., Nowak, D. J., Nowak, A. I., Egorova, N. A., Korkina, S. A., Osipov, D. V. & Natal'skaya, O. V. 2016. The Spatial Structure of the Brent (*Branta bernicla*) and Red-Breasted (*Branta ruficollis*) Geese (Anseriformes, Anatidae)

- Breeding Settlements on Taimyr Peninsula: Single-Species Colonies and Associations with Large Gulls. *Biology Bulletin* 43(9): 1225–1238.
- Kilpi, M. 1984. Temporary colonization of a small island by *Larus ridibundus*, and its immediate effect. *Ornis Fennica* 61: 125–126.
- 1995. Breeding success, predation and local dynamics of colonial Common Gulls *Larus canus*. *Annales Zoologici Fennici* 32: 175–182.
- Kilpi, M., Jaatinen, K. & Öst, M. 2018. Suomen haahkakannan kato – mitä oikein tapahtui? *Suomen Riista* 64: 7–20.
- Koskimies, P. & Väisänen, R. 1988. Linnustonseurannan havainnointiohjeet (2. painos.). Helsingin yliopiston eläinmuseo. Helsinki. ISBN 951-45-4586-9.
- Kreisinger, J. & Albrecht, T. 2008. Nest protection in mallards *Anas platyrhynchos*: untangling the role of crypsis and parental behaviour. *Functional Ecology* 22: 872–879.
- Krüger, H., Väänänen, V.-M., Holopainen, S. & Nummi, P. 2018. The new faces of nest predation in agricultural landscapes – a wildlife camera survey with artificial nests. *European Journal of Wildlife Research* 64(6): 76. 11 s.
- Kurvinen, L., Kilpi, M., Nordström, M. & Öst, M. 2016. Drivers of decline and changed nest-site preference of the Baltic eider: an island level analysis from south-western Finland. *Ornis Fennica* 93: 55–66.
- Lammi, E. & Routasuo, P. 2016. Espoon lintuvesien pesimälinnuston seuranta ja viitasammakkoselvitys 2015. Espoon ympäristölautakunnan julkaisusarja 1/2016.
- Laurila, T. 1989. Nest site selection in the Common Eider *Somateria mollissima*: differences between the archipelago zones. *Ornis Fennica* 66: 100–111.
- Lehikoinen, A., Christensen, T. K., Öst, M., Kilpi, M., Saurola, P. & Vattulainen, A. 2008. Large-scale change in the sex ratio of a declining eider *Somateria mollissima* population. *Wildlife Biology* 14(3): 288–301.
- Lehikoinen, A., Rinta, J., Lammi, E. & Pöysä, H. 2015. Habitat-specific population trajectories in boreal waterbirds: alarming trends and bioindicators for wetlands. *Animal Conservation* 19: 88–95.
- Lehikoinen, P., Lehikoinen, A., Mikkola-Roos, M. & Jaatinen, K. 2017. Counteracting wetland overgrowth increases breeding and staging bird abundances. *Scientific Reports* 7: 413191. 11 s.
- Lehikoinen, A., Jukarainen, A., Mikkola-Roos, M., Below, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Rusanen, P., Sirkä, P., Tiainen, J. & Valkama, J. 2019.

- Linnut. Julk.: Hyvärinen, E., Juslén, A., Kemppainen, E., Uddström, A. & Liukko, U-M. (toim.). 2019. Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. Helsinki. s. 560–570.
- Leito, A., Leivits, M., Leivits, A., Raet, J., Ward, R., Ott, I., Tullus, H., Rosenvald, R., Kimmel, K. & Sepp, K. 2016. Black-headed Gull (*Larus ridibundus*) as a Keystone Species in the Lake Bird Community in Primary Forest-Mire-Lake Ecosystem. *Baltic Forestry* 22(1): 34–45.
- Leivo, M., Asanti, T., Koskimies, P., Lammi, E., Lampolahti J., Mikkola-Roos, M. & Virolainen, E. 2002. Suomen tärkeät lintualueet FINIBA. Birdlife Suomen julkaisuja nro. 4. Suomen graafiset palvelut, Kuopio. 142 s.
- Liordos, V. & Lauder, A. W. 2015. Factors Affecting Nest Success of Tufted Ducks (*Aythya fuligula*) Nesting in Association with Black-headed Gulls (*Larus ridibundus*) at Loch Leven, Scotland. *Waterbirds* 38(2): 208–213.
- Lokemoen, J. T. & Woodward, R. W. 1992. Nesting waterfowl and water birds on natural islands in the Dakotas and Montana. *Wildlife Society Bulletin* 20(2): 163–171.
- MacArthur, R. H & Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. (13. painos.). Princeton, NJ: Princeton University Press Cop. 203 s. ISBN 0-691-08836-5
- Newton, I. 1998. Population limitation in birds. Academic Press.
- Nordström, M., Högmänder, J., Nummelin, J., Laine, J., Laanetu, N. & Korpimäki, E. 2002. Variable responses of waterfowl breeding populations to long-term removal of introduced American mink. *Ecography* 25: 385–394.
- Nordström, M. & Korpimäki, E. 2004. Effects of Island Isolation and Feral Mink Removal on Bird Communities on Small Islands in the Baltic Sea. *Journal of Animal Ecology* 73(3): 424–433.
- Nuechterlein, G. L. 1981. Information parasitism in mixed colonies of western grebes and Forster's terns. *Animal Behaviour* 29: 985–989.
- Nummi, P. & Pöysä, H. 1995. Breeding success of ducks in relation to different habitat factors. *Ibis* 137: 145–150.
- Nummi, P. & Väänänen, V-M. 2001. High overlap in diets of sympatric dabbling ducks – an effect of food abundance? *Annales Zoologici Fennici* 38(2): 123–130.
- Nummi, P., Paasivaara, A., Suhonen, S. & Pöysä, H. 2013. Wetland use by brood-rearing female ducks in a boreal forest landscape: the importance of food and habitat. *Ibis* 155: 68–79.

- Opermanis, O. 2004. Appearance and vulnerability of artificial duck nests to avian predators. *Journal of Avian Biology* 35: 410–415.
- Patterson, I. J. 1965. Timing and spacing of broods in the Black-headed Gull *Larus ridibundus*. *Ibis* 107 (4): 433–459.
- Penttilä, S. & Ahlman, M. 2017. Uudenmaan vesistöjen ja rannikkovesien tila vuonna 2016. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus: raportteja 19/2017. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134618/Raportteja%2019%202017.pdf?sequence=8>.
- Pratte, I., Davis, S., Maftai, M. & Mallory, M. 2016. Aggressive neighbors and dense nesting: nest site choice and success in high-Arctic common eiders. *Polar Biology* 39(9): 1597–1604.
- Pöysä, H. 1988. Do Foraging Teals Exploit Gulls as Early Warners? *Ornis Scandinavia* 19(1): 70–72.
- 2001. Dynamics of habitat distribution in breeding mallards: assessing the applicability of current habitat selection models. *Oikos* 94: 365–373.
- Pöysä, H., Rintala, J., Lehikoinen, A. & Väisänen R. 2013. The importance of hunting pressure, habitat preference and life history for population trends of breeding waterbirds in Finland. *European Journal of wildlife Research* 59: 245–256.
- Pöysä, H., Lammi, E. & Väisänen, V-M. 2019. Collapse of a protector species drives secondary endangerment in waterbird communities. *Biological Conservation* 230(2019): 75–81.
- Quinn, J. L. & Ueta, M. 2008. Protective nesting associations in birds. *Ibis* 150: 146–167.
- Quinn, J. L & Kokorev, Y. 2002. Trading-off risks from predators and from aggressive hosts. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 51: 455–460.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Racine, F., Giraldeau, L-A., Patenaude-Monette, M., Giroux, J-F. 2012. *Animal Behaviour* 84(1): 175–182.
- Reinikainen, M., Rytteri, T., Kanerva, T., Kekäläinen, H., Koskela, K., Kunttu, P., Mussaari, M., Numers, M. von, Rinkineva-Kantola, L., Sievänen, M. & Syrjänen, K. 2018. Itämeren rannikko. Julkaisussa: Kontula, T. & Raunio, A. (toim.). Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018. Luontotyyppien punainen kirja – Osa I:

- Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus & ympäristöministeriö, Helsinki. Suomen ympäristö 5/2018: 63–80.
- Ringelman, K., Eadie, J. & Ackerman, J. 2014. Adaptive nest clustering and density-dependent nest survival in dabbling ducks. *Oikos* 123: 239–247.
- Rönkä, M., Saari, L., Lehikoinen, A., Suomela, J. & Häkkilä, K. 2005. Environmental changes and population trends of breeding waterfowl in northern Baltic Sea. *Annales Zoologici Fennici* 42: 587–602.
- Savoca, M., Bonter, D., Zuckerberg, B., Dickinson, J. & Ellis, J. 2011. Nesting density is an important factor affecting chick growth and survival in the herring gull. *The Condor* 113(3): 565–571.
- Soulé, M. E., Estes, J. A., Miller, B. & Honnold, D. L. 2005. Strongly Interacting Species: Conservation Policy, Management, and Ethics. *BioScience* 55(2): 168–176.
- Stien, J., Yoccoz, N. & Ims, R. 2010. Nest predation in declining populations of common eiders *Somateria mollissima*: an experimental evaluation of the role of hooded crows *Corvus cornix*. *Wildlife Biology* 16: 123–134.
- Stjernberg, T., Nuuja, T., Koivusaari, J., Högmänder, J., Ollila, T., Keränen, S. & Ekblom H. 2013. Suomen merikotkat 2011–2012. *Linnut-vuosikirja* 2012: 24–35.
- Sugden, L. G. & Beyersbergen, G. W. 1987. Effect of Nesting Cover Density on American Crow Predation of Simulated Duck Nests. *The Journal of Wildlife Management* 51 (2): 481–485.
- Suomen ympäristökeskus. 2018. Valkoposkianhien seuranta. [www-sivusto] Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/valkoposkianhienseuranta> [Viitattu 27.11.2018].
- Tiainen, J., Mikkola-Roos, M., Below, A., Jukarainen, A., Lehikoinen, A., Lehtiniemi, T., Pessa, J., Rajasärkkä, A., Rintala, J., Sirkä, P. & Valkama, J. 2016. Suomen lintujen uhanalaisuus 2015 – The 2015 Red List of Finnish Bird Species. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus. 49 s.
- Tremblay, J-P., Gauthier, G., Lepage, D. & Desrochers, A. 1997. Factors affecting nesting success in greater snow geese: effects of habitat and association with snowy owls. *Wilson Bulletin* 109(3): 449–461.
- Valkama, J., Vepsäläinen, V. & Lehikoinen, A. 2011. Suomen III Lintuatlas. – Luonnontieteellinen keskusmuseo ja ympäristöministeriö. [Verkkodokumentti] Saatavissa: <http://atlas3.lintuatlas.fi> [Viitattu: 30.11.2018]. ISBN 978-952-10-6918-5.

- Varela, S. A. M., Danchin, É. & Wagner, R. H. 2007. Does predation select for or against avian coloniaty? A comparative analysis. *Journal of Evolutionary Biology* 20(4): 1490–1503.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. (4. painos.). Springer, New York.
- Vīksne, J., Janaus, M. & Mednis, A. 2011. Factors influencing the number of breeding water birds in Lake Engure, Latvia. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* 65: 127–137.
- Von Numers, M. 1995. Distribution, numbers and ecological gradients of birds breeding on small islands in the Archipelago Sea, SW Finland. *Acta Zoologica Fennica* 197: 127 s.
- Väänänen, V-M. 2000. Predation risk associated with nesting in gull colonies by two *Aythya* species: observations and an experimental test. *Journal of Avian Biology* 31: 31–35.
- 2001. Pesäpredaatio lintuvesillä – pienet loppilinnut pesien suojaajina. Riistapäivät 2001. Riistatutkimuksen tiedote 170. ISSN 1238-0288
- Väänänen, V-M., Nummi, P., Lehtiniemi, T., Luostarinen V-M. & Mikkola-Roos, M. 2011. Habitat complementation in urban barnacle geese: from safe nesting islands to productive foraging lawns. *Boreal Environment Research* 16 (suppl. B): 26–34.
- Väänänen, V-M., Pöysä, H. & Runko, P. 2016. Nest and brood stage association between ducks and small colonial gulls in boreal wetlands. *Ornis Fennica* 93: 47–54.
- Ward, P. & Zahavi, A. 1972. The importance of certain assemblages of birds as “information-centres” for food-finding. *Ibis* 115: 517–534.
- Young, A. & Titman, R. 1986. Costs and benefits to Red-breasted Mergansers nesting in tern and gull colonies. *Canadian Journal of Zoology* 64(10): 2339–2343.
- Yrjölä, R. A., Holopainen, S., Pakarinen, R., Tuoriniemi, S., Luostarinen, M., Mikkola-Roos, M., Nummi, P. & Väänänen, V-M. 2017. The Barnacle Goose *Branta leucopsis* in the archipelago of southern Finland – population growth and nesting dispersal. *Ornis Fennica* 94: 00–00.
- Zduniak, P. 2006. The prey of Hooded Crow (*Corvus cornix* L.) in wetland: Study of damaged egg shells of birds. *Polish Journal of Ecology* 54: 491–498.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N. J., Saveliev, A. A. & Smith, G. M. 2009. *Mixed Effects Models and Extension in Ecology with R*. Springer. New York. s. 574. ISBN 978-0-387-87457-9.

- Öst, M. & Kilpi, M. 1998. Blue mussels *Mytilus edulis* in the Baltic: good news for foraging eiders *Somateria mollissima*. *Wildlife Biology* 4(2): 81–89.
- Öst, M., Lindén, A., Karell, P., Ramula, S. & Kilpi, M. 2018. To breed or not to breed: drivers of intermittent breeding in a seabird under increasing predation risk and male bias. *Oecologia* 188:129–138.

LIIKTEET

Liite 1. Luettelo tutkimuksessa käytetyistä 118 saaresta ja niiden pinta-aloista. Havaintovuodet kertovat kuinka monena vuonna lintulaskentoja on tehty kyseisellä saarella. Pesivien lintujen keskiarvot on laskettu havaintovuosien perusteella saarittain.

Saari	Pinta-ala	Havaintovuodet	Sorsa-linnut	Pienet lokkilinnut	Isot lokit	Varis
Abrahaminluoto	1,08	19	12,4	4,2	26,6	0,2
Ahvenkivi	0,02	13	3,6	26,5	0,0	0,0
Ahvensaari	0,25	13	7,2	9,2	0,2	0,0
Annansaari	0,09	19	6,4	7,5	0,8	0,0
Emäntä	0,09	19	3,8	9,8	0,2	0,0
Haminasalmenpaasi	0,51	19	12,3	26,3	0,1	0,0
Harmaakari	1,09	19	30,2	71,5	9,5	0,0
Harmaja	2,07	18	22,9	45,8	1,3	0,0
Hattusaari	2,64	15	1,4	41,5	1,0	0,6
Hellmanninkupu	0,27	19	0,1	0,2	0,6	0,0
Hevossalmi 1 (itäinen)	0,06	18	3,3	43,1	0,1	0,0
Hevossalmi 2 (läntinen)	0,14	17	2,4	9,6	0,0	0,0
Hietaniemenkari	0,24	19	4,1	27,6	0,2	0,0
Iiluodonluodot	0,20	12	1,9	7,9	1,0	0,0
Villaluoto (it ja et)	0,04	19	5,8	25,3	0,4	0,0
Jollas (itäinen)	0,04	19	5,0	3,9	0,2	0,0
Kajuuttaluodot (it ja lä)	0,57	18	20,2	145,9	4,8	0,0
Kalkkisaari	2,95	16	3,9	64,0	0,5	0,3
Kallioluoto	0,48	19	8,2	44,3	0,8	0,0
Kalliosaarenluoto	0,25	19	19,9	113,1	1,3	0,0
Kanasaari	0,12	19	5,2	6,6	0,2	0,0
Katajanokanluoto	0,63	19	22,6	8,0	6,0	0,9
Kaurakari	0,15	19	0,0	0,5	0,7	0,0
Kiislapaasi	0,93	19	38,7	6,1	34,5	0,0
Kivisaarenluodot	0,36	15	2,1	3,6	0,6	0,0
Koirakari	0,20	18	0,0	0,1	0,6	0,0
Koiraluodot	0,04	15	1,9	23,5	0,3	0,0
Koirapaasi	0,47	19	23,5	68,2	2,5	0,0
Korkeakupu	0,58	18	4,2	0,0	3,7	0,1
Korkeasaarenluoto	0,08	19	4,3	64,4	0,7	0,0
Kuivakari	0,72	18	32,6	9,9	16,6	0,0
Kuivasaari (itäinen)	0,25	18	1,2	25,0	0,6	0,0
Kukipaasi	0,93	19	30,5	0,3	38,9	0,0
Kuminapaasi	0,59	18	20,6	104,4	2,1	0,0
Kutupaasi	0,29	18	2,8	10,3	0,2	0,0
Kutusärkkä	0,24	18	2,3	1,1	9,1	0,0
Kuutti	0,08	19	1,7	47,1	0,2	0,0
Käärmealuoto (itäinen)	0,49	19	10,6	26,8	1,0	0,0
Laakapaasi	1,21	18	25,8	1,2	33,9	0,1
Lasimestarinletto	0,13	19	9,4	20,2	1,1	0,0
Lehmäsaari ja -letto	1,01	17	26,0	18,6	0,6	0,5

Leppäluodonkari	0,08	18	2,5	6,5	0,5	0,0
Limppu	0,08	19	3,7	9,7	0,7	0,0
Lonna	1,47	19	65,4	12,6	1,4	0,9
Loppikari	0,15	19	13,9	73,3	0,8	0,1
Louekari	1,11	18	6,1	0,0	1,6	0,0
Matalahara	2,79	19	96,4	0,6	284,3	0,9
Matalakari	1,64	18	16,2	81,0	15,4	0,0
Melkinkari	0,13	18	1,7	4,4	0,2	0,0
Melkinpaasi	0,12	18	0,0	0,0	0,4	0,0
Morsianluoto	0,21	19	5,6	427,3	0,8	0,0
Mustakupu	1,04	18	6,9	33,8	1,1	0,0
Neitsytsaarenluodot	0,20	17	4,5	9,9	0,5	0,0
Neljänviitankari	0,02	19	1,9	4,9	0,5	0,0
Niinisaarenkarit	0,12	18	0,3	5,9	0,2	0,0
Nimismies	0,08	19	6,2	59,3	0,8	0,0
Norppa	0,16	19	1,7	861,2	0,0	0,0
Nuottakari Kallvik	0,08	18	1,2	0,3	3,0	0,0
Nuottakari Ry	1,08	19	25,6	0,0	104,4	0,0
Nuottaniemi (läntinen)	0,06	16	0,0	1,5	0,6	0,0
Nuottasaari (pohjoinen)	0,02	17	1,9	1,2	0,0	0,0
Nuottasaari (sk ja se)	0,07	18	2,3	14,8	0,6	0,0
Nurmiluodonluoto	0,08	19	7,0	109,9	0,4	0,0
Onkiluoto	0,09	18	15,6	59,9	0,7	0,1
Paloluodonluoto	0,16	16	9,4	27,1	0,3	0,0
Palosaari	1,79	11	9,2	8,4	0,0	0,9
Peninkarit (4 kpl)	2,14	19	69,0	40,3	8,4	0,0
Pieni Porsas	0,14	19	7,8	307,3	0,6	0,0
Pieni Villasaari (läntinen)	0,04	18	1,3	4,3	0,1	0,0
Pihlaisto	1,39	19	18,7	17,4	3,7	0,6
Pihlajakari	0,39	18	8,8	28,6	0,3	0,0
Pihlajaletto	0,16	18	1,8	0,9	0,5	0,0
Pihlajaluodonkupu	0,45	18	15,1	0,3	35,8	0,0
Pikku Kuivasaari	2,37	19	65,0	44,6	1,2	0,6
Pikku Satamakari	0,66	19	21,1	0,7	12,4	0,3
Pikkuluoto	0,16	19	5,5	1,3	0,4	0,0
Pitkäkari 1 (ka)	0,52	18	6,5	0,0	14,0	0,0
Pitkäkari 2 (me ja it)	1,32	14	21,9	7,2	26,4	0,1
Pitkäouri	2,02	19	25,8	66,4	10,4	0,3
Pitkärivi	2,71	18	16,1	61,8	3,7	0,0
Poikaluo	0,17	19	6,5	12,6	0,1	0,0
Pormestarinhepo	0,15	12	0,0	0,0	0,2	0,0
Pormestarinluodot 1	0,15	19	12,6	142,9	0,6	0,1
Pormestarinluodot 2	0,12	19	5,4	2,7	0,6	0,0
Pormestarinluodot 3	0,17	19	23,3	9,8	0,8	0,0
Prinsessa	0,13	18	13,8	39,8	0,8	0,0
Prinssi	0,05	16	1,5	8,9	0,0	0,0
Puolimatkanluoto	0,61	19	19,1	1,5	15,3	0,0
Rajakupu	0,21	19	3,5	0,8	0,6	0,0
Ramsinkivi	0,02	19	5,4	20,0	0,0	0,0

Reimarisaari	0,79	19	3,2	1,1	0,3	0,1
Ruohokari	0,03	17	1,4	47,4	0,0	0,0
Ryssänsaari	0,61	19	23,8	53,3	1,9	0,1
Räntty	0,91	19	2,0	0,1	3,6	0,0
Santahamina (läntinen)	0,12	19	37,8	9,7	0,1	0,0
Satamakari	1,50	17	35,7	25,3	5,3	0,0
Seurasaari 1 (eteläinen)	0,11	18	1,6	9,7	0,1	0,0
Seurasaari 2 (itäinen)	0,12	16	2,9	92,1	0,8	0,0
Sipulipaasi	1,46	18	6,2	26,7	26,3	0,0
Syväkari	0,72	19	15,5	30,2	2,4	0,0
Söderholminkupu	0,96	19	21,1	0,6	46,2	0,0
Taivalluoto	0,45	18	3,4	34,8	0,8	0,9
Taulukari	0,96	18	18,1	0,7	34,1	0,0
Tiirakari (pi)	1,26	19	29,1	65,7	1,4	0,2
Tiiraluoto (la)	0,42	19	26,0	204,0	2,6	0,0
Tiirapaasi	0,21	18	0,1	0,1	0,9	0,0
Tiirasaarenluoto	0,03	19	0,9	1,8	0,4	0,0
Tupsu	0,27	17	2,4	2,2	0,5	0,0
Ulkohattu	0,34	19	7,7	13,6	1,3	0,4
Ulkokari	0,91	18	0,7	0,0	7,4	0,0
Valkosaari	2,02	19	13,1	62,4	1,4	0,9
Variskari	0,49	19	14,5	55,6	1,1	1,0
Varisluodonkari	0,16	18	8,5	17,8	0,2	0,2
Viinakupu	0,98	19	17,1	0,7	17,1	0,9
Villinginluoto	0,39	17	5,8	0,9	1,6	0,0
Vuorilahdenpaadet	0,24	17	4,4	62,2	0,9	0,0
Vähäkari	0,34	19	1,2	2,1	1,1	0,0
Välikari	0,31	18	1,5	18,0	0,4	0,0